

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日
Date of Application:

2002年 8月20日

出願番号
Application Number:

特願2002-239456

[ST.10/C]:

[JP 2002-239456]

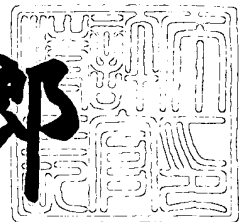
出願人
Applicant(s):

ティーディーケイ株式会社

2003年 5月16日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3036606

【書類名】 特許願

【整理番号】 TD04190

【提出日】 平成14年 8月20日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G11B 05/39

【発明者】

【住所又は居所】 東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティーディーケイ株式会社内

【氏名】 麻谷 崇史

【発明者】

【住所又は居所】 東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティーディーケイ株式会社内

【氏名】 木村 富士巳

【特許出願人】

【識別番号】 000003067

【氏名又は名称】 ティーディーケイ株式会社

【代理人】

【識別番号】 100109656

【弁理士】

【氏名又は名称】 三反崎 泰司

【代理人】

【識別番号】 100098785

【弁理士】

【氏名又は名称】 藤島 洋一郎

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 019482

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】	図面	1
【物件名】	要約書	1
【プルーフの要否】	要	

【書類名】 明細書

【発明の名称】 電磁変換積層体、電磁変換素子、薄膜磁気ヘッド、磁気ヘッドアセンブリおよび磁気再生装置、ならびに電磁変換素子の製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 一対の対向面を有する第 1 の強磁性層と、この第 1 の強磁性層の一方の面側に隣接された非磁性層と、この非磁性層に隣接された第 2 の強磁性層と、この第 2 の強磁性層に隣接された反強磁性層とを含む積層構造をなす電磁変換積層体であって、

前記第 1 の強磁性層の他方の面側に隣接された非磁性交換結合層と、

この非磁性交換結合層に隣接され、前記非磁性交換結合層を介して前記第 1 の強磁性層と交換結合された半硬磁性層と

を備えたことを特徴とする電磁変換積層体。

【請求項 2】 前記半硬磁性層は、前記第 1 の強磁性層の磁区を制御するための第 1 の磁区制御層として機能するものである

ことを特徴とする請求項 1 記載の電磁変換積層体。

【請求項 3】 前記半硬磁性層の幅は、前記第 1 の強磁性層の幅以上であることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の電磁変換積層体。

【請求項 4】 前記第 2 の強磁性層は、互いに反対向きの 2 つの磁化が併存する積層構造をなしている

ことを特徴とする請求項 1 ないし請求項 3 のいずれか 1 項に記載の電磁変換積層体。

【請求項 5】 前記非磁性交換結合層は、伝導電子を反射させるための反射層を含んで構成されている

ことを特徴とする請求項 1 ないし請求項 4 のいずれか 1 項に記載の電磁変換積層体。

【請求項 6】 前記非磁性交換結合層は、前記第 1 の強磁性層よりも高い導電性を有する導電層を含んで構成されている

ことを特徴とする請求項 1 ないし請求項 4 のいずれか 1 項に記載の電磁変換積層体。

【請求項 7】 フリー層と、このフリー層に隣接された非磁性層と、この非磁性層を挟んで前記フリー層と対向配置され、磁化方向が所定の方法に固定されたピン層と、このピン層に隣接され、前記ピン層の磁化方向を固定するためのピン層層とを含むスピバルブ構造をなす電磁変換積層体であって、

前記フリー層のうちの前記非磁性層と反対側に隣接された非磁性交換結合層と

この非磁性交換結合層を挟んで前記フリー層と対向配置され、前記フリー層と交換結合することにより、そのフリー層の磁区を制御する磁区制御層とを備えたことを特徴とする電磁変換積層体。

【請求項 8】 一对の対向面を有する第 1 の強磁性層と、この第 1 の強磁性層の一方の面側に隣接され、伝導電子がトンネル可能なトンネル絶縁層と、このトンネル絶縁層に隣接された第 2 の強磁性層と、この第 2 の強磁性層に隣接された反強磁性層とを含む積層構造をなす電磁変換積層体であって、

前記第 1 の強磁性層の他方の面側に隣接された非磁性交換結合層と、

この非磁性交換結合層に隣接され、前記非磁性交換結合層を介して前記第 1 の強磁性層と交換結合された半硬磁性層と

を備えたことを特徴とする電磁変換積層体。

【請求項 9】 請求項 1 ないし請求項 8 のいずれか 1 項に記載の電磁変換積層体と、

この電磁変換積層体に電流を供給するためのリード層と

を備えたことを特徴とする電磁変換素子。

【請求項 10】 さらに、

前記電磁変換積層体のうちの少なくとも半硬磁性層の側方に隣接配置され、前記電磁変換積層体のうちの第 1 の強磁性層の磁区を制御するための第 2 の磁区制御層として機能する硬磁性層を備えた

ことを特徴とする請求項 9 記載の電磁変換素子。

【請求項 11】 請求項 9 または請求項 10 に記載の電磁変換素子を含み、磁気的に情報を再生する

ことを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【請求項 1 2】 請求項 1 1 記載の薄膜磁気ヘッドが形成されたヘッドスライダと、

このスライダヘッドを支持するスライダ支持機構と
を備えたことを特徴とする磁気ヘッドアセンブリ。

【請求項 1 3】 請求項 1 2 記載の磁気ヘッドアセンブリと、
この磁気ヘッドアセンブリを利用して磁氣的に情報が再生される記録媒体と
を備えたことを特徴とする磁気再生装置。

【請求項 1 4】 請求項 1 ないし請求項 8 のいずれか 1 項に記載の電磁変換積層体と、この電磁変換積層体に電流を供給するためのリード層とを備えた電磁変換素子の製造方法であって、

前記電磁変換積層体を製造する工程が、

第 1 の強磁性層の一面に隣接するように非磁性交換結合層を形成する工程と、

この非磁性交換結合層に隣接するように半硬磁性層を形成することにより、前記非磁性交換結合層を介して前記半硬磁性層と前記第 1 の強磁性層とを交換結合させる工程と

を含むことを特徴とする電磁変換素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、例えば磁気信号を電気信号に変換するために利用される電磁変換積層体および電磁変換素子、この電磁変換素子を利用して磁氣的に情報を再生する薄膜磁気ヘッド、磁気ヘッドアセンブリおよび磁気再生装置、ならびに電磁変換素子の製造方法に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

近年、情報の記録再生装置として、例えば、ハードディスクを利用して磁氣的に情報を記録・再生するハードディスクドライブが普及している。このハードディスクドライブの開発分野では、ハードディスクの面記録密度の向上に伴い、薄膜磁気ヘッドの性能向上が求められている。この薄膜磁気ヘッドは、磁気再生処

理用のデバイスとして、例えば磁気抵抗効果（MR ; magneto-resistive effect）を利用して再生処理を実行するMR素子を備えている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、ハードディスクの開発過程における問題の1つとして、ハードディスクの面記録密度の向上に応じてMR素子を小型化した場合に、そのMR素子の物理的なサイズが減少することに起因して再生出力の低下を招く点が挙げられる。この再生出力の低下を誘発する要因としては、上記したMR素子のサイズ減少に加えて、例えば、MR素子のうち、信号磁界の主要な検出部分として機能するフリー層中において、磁壁の不連続な移動に起因してバルクハウゼンノイズが発生するため、フリー層による信号磁界の検出感度が相対的に低下する点も挙げられる。したがって、再生出力を確保するためには、フリー層を単磁区化して磁壁を消失させる必要がある。

【0004】

しかしながら、従来のハードディスクドライブでは、フリー層の磁区制御対策が不十分なため、MR素子を小型化した場合に十分な再生出力を得ることが困難であるという問題があった。

【0005】

本発明はかかる問題点に鑑みてなされたもので、その第1の目的は、フリー層の磁区を制御し、MR素子を小型化した場合においても十分な再生出力を得ることが可能な電磁変換積層体、電磁変換素子、薄膜磁気ヘッド、磁気ヘッドアセンブリおよび磁気再生装置を提供することにある。

【0006】

また、本発明の第2の目的は、再生出力の確保に寄与可能な電磁変換素子を簡単に製造することが可能な電磁変換素子の製造方法を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】

本発明の第1の観点に係る電磁変換積層体は、一対の対向面を有する第1の強磁性層と、この第1の強磁性層の一方の面側に隣接された非磁性層と、この非磁

性層に隣接された第 2 の強磁性層と、この第 2 の強磁性層に隣接された反強磁性層とを含む積層構造をなすものであり、第 1 の強磁性層の他方の面側に隣接された非磁性交換結合層と、この非磁性交換結合層に隣接され、非磁性交換結合層を介して第 1 の強磁性層と交換結合された半硬磁性層とを備えたものである。

【 0 0 0 8 】

本発明の第 2 の観点に係る電磁変換積層体は、フリー層と、このフリー層に隣接された非磁性層と、この非磁性層を挟んでフリー層と対向配置され、磁化方向が所定の方に固定されたピン層と、このピン層に隣接され、ピン層の磁化方向を固定するためのピンニング層とを含むスピバルブ構造をなすものであり、フリー層のうちの非磁性層と反対側に隣接された非磁性交換結合層と、この非磁性交換結合層を挟んでフリー層と対向配置され、フリー層と交換結合することにより、そのフリー層の磁区を制御する磁区制御層とを備えたものである。

【 0 0 0 9 】

本発明の第 3 の観点に係る電磁変換積層体は、一对の対向面を有する第 1 の強磁性層と、この第 1 の強磁性層の一方の面側に隣接され、伝導電子がトンネル可能なトンネル絶縁層と、このトンネル絶縁層に隣接された第 2 の強磁性層と、この第 2 の強磁性層に隣接された反強磁性層とを含む積層構造をなすものであり、第 1 の強磁性層の他方の面側に隣接された非磁性交換結合層と、この非磁性交換結合層に隣接され、非磁性交換結合層を介して第 1 の強磁性層と交換結合された半硬磁性層とを備えたものである。

【 0 0 1 0 】

本発明に係る電磁変換素子は、請求項 1 ないし請求項 8 のいずれか 1 項に記載の電磁変換積層体と、この電磁変換積層体に電流を供給するためのリード層とを備えたものである。

【 0 0 1 1 】

本発明に係る薄膜磁気ヘッドは、請求項 9 または請求項 1 0 に記載の電磁変換素子を含み、磁氣的に情報を再生するものである。

【 0 0 1 2 】

本発明に係る磁気ヘッドアセンブリは、請求項 1 1 記載の薄膜磁気ヘッドが形

成されたヘッドスライダと、このスライダヘッドを支持するスライダ支持機構とを備えたものである。

【 0 0 1 3 】

本発明に係る磁気再生装置は、請求項 1 2 記載の磁気ヘッドアセンブリと、この磁気ヘッドアセンブリを利用して磁氣的に情報が再生される記録媒体とを備えたものである。

【 0 0 1 4 】

本発明の第 1 ～第 3 の観点に係る電磁変換積層体、電磁変換素子、薄膜磁気ヘッド、磁気ヘッドアセンブリまたは磁気再生装置では、非磁性交換結合層を介して半硬磁性層と第 1 の強磁性層（フリー層）とが交換結合されるため、第 1 の強磁性層（フリー層）が単磁区化される。

【 0 0 1 5 】

本発明に係る電磁変換素子の製造方法は、請求項 1 ないし請求項 8 のいずれか 1 項に記載の電磁変換積層体と、この電磁変換積層体に電流を供給するためのリード層とを備えた電磁変換素子を製造する方法であり、電磁変換積層体を製造する工程が、第 1 の強磁性層の一面に隣接するように非磁性交換結合層を形成する工程と、この非磁性交換結合層に隣接するように半硬磁性層を形成することにより、非磁性交換結合層を介して半硬磁性層と第 1 の強磁性層とを交換結合させる工程とを含むようにしたものである。

【 0 0 1 6 】

本発明に係る電磁変換素子の製造方法では、第 1 の強磁性層の一面に隣接するように非磁性交換結合層が形成されたのち、この非磁性交換結合層に隣接するように半硬磁性層が形成される。これにより、非磁性交換結合層を介して半硬磁性層と第 1 の強磁性層とが交換結合される。

【 0 0 1 7 】

本発明の第 1 の観点に係る電磁変換積層体では、半硬磁性層が、第 1 の強磁性層の磁区を制御するための第 1 の磁区制御層として機能する。

【 0 0 1 8 】

また、本発明の第 1 の観点に係る電磁変換積層体では、半硬磁性層の幅が、第

1 の強磁性層の幅以上であるのが好ましい。

【 0 0 1 9 】

また、本発明の第 1 の観点に係る電磁変換積層体では、第 2 の強磁性層が、互いに反対向きの 2 つの磁化が併存する積層構造をなしていてもよい。

【 0 0 2 0 】

また、本発明の第 1 の観点に係る電磁変換積層体では、非磁性交換結合層が、伝導電子を反射させるための反射層を含んで構成されていてもよい。

【 0 0 2 1 】

また、本発明の第 1 の観点に係る電磁変換積層体では、非磁性交換結合層が、第 1 の強磁性層よりも高い導電性を有する導電層を含んで構成されていてもよい。

【 0 0 2 2 】

また、本発明に係る電磁変換素子では、さらに、電磁変換積層体のうちの少なくとも半硬磁性層の側方に隣接配置され、電磁変換積層体のうちの第 1 の強磁性層の磁区を制御するための第 2 の磁区制御層として機能する硬磁性層を備えているのが好ましい。

【 0 0 2 3 】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。

【 0 0 2 4 】

まず、図 1 および図 2 を参照して、本発明の一実施の形態に係る磁気再生装置としてのハードディスクドライブの構成について説明する。図 1 はハードディスクドライブの要部の外観構成を表し、図 2 は図 1 に示したヘッドスライダの外観構成を拡大して表している。

【 0 0 2 5 】

このハードディスクドライブは、例えば、記録・再生の双方の処理を実行可能なものであり、図 1 に示しように、筐体 1 0 0 の内部に、磁氣的に情報が記録される複数のハードディスク 1 0 1 と、各ハードディスク 1 0 1 に対応して配設され、先端にヘッドスライダ 2 0 0 が取り付けられた複数のアーム 1 0 2 とを備え

ている。ハードディスク 101 は、スピンドルモータ 103 を軸として回転可能になっている。アーム 102 は、固定軸 105 にベアリング 106 を介して挿通された状態において、動力源としての駆動部 104 により支持されており、固定軸 105 を中心として旋回可能になっている。なお、図 1 では、例えば、複数のアーム 102 が一体として旋回可能なモデルを示している。図 1 に示したハードディスクドライブの構成要素のうち、ヘッドスライダ 200 がアーム 102 に支持されてなるユニットは、いわゆる HGA (head gimbals assembly) と呼ばれるものであり、このユニットが本発明の「磁気ヘッドアセンブリ」の一例に該当する。

【0026】

ヘッドスライダ 200 は、図 2 に示したように、アーム 102 の旋回時に生じる空気抵抗を減少させるための溝部を含む略直方体状の基体 201 のうち、ハードディスク 101 に対向する面（エアベアリング面）201M と直交する一側面（図 2 中、手前側の面）に、記録・再生処理を実行する薄膜磁気ヘッド 202 が形成された構成をなしている。情報の記録・再生時においてハードディスク 101 が回転すると、そのハードディスク 101 の記録面（ヘッドスライダ 200 と対向する面）とエアベアリング面 201M との間に空気流が生じ、この空気流を利用してヘッドスライダ 200 がハードディスク 101 から極僅かに浮上するようになっている。なお、図 2 では、エアベアリング面 201M 側の基体 201 の構造を見やすくするために、図 1 に示した状態とはヘッドスライダ 200 の上下を反転させた状態を示している。

【0027】

次に、図 1 ～図 5 を参照して、薄膜磁気ヘッド 202 の詳細な構成について説明する。図 3 ～図 5 は薄膜磁気ヘッド 202 の構成を拡大して表しており、図 3 は分解構成、図 4 は図 3 に示した矢印 I V 方向から見た平面構成、図 5 は図 4 に示した V-V 線に沿った矢視方向の断面構成をそれぞれ示している。

【0028】

この薄膜磁気ヘッド 202 は、例えば、磁気再生処理を担う再生ヘッド部 10 と、磁気記録処理を担う記録ヘッド部 20 とが一体化された複合型ヘッドである

。この再生ヘッド部 1 0 が本発明の「電磁変換素子」の一例に該当し、この再生ヘッド部 1 0 を含む薄膜磁気ヘッド 2 0 2 が本発明の「薄膜磁気ヘッド」の一例に該当する。

【 0 0 2 9 】

再生ヘッド部 1 0 は、例えば、基体 2 0 1 上に形成されており、絶縁層 1 1 と、下部シールド層 1 2 と、下部シールドギャップ層 1 3 と、上部シールドギャップ層 1 4 と、上部シールド層 1 5 とがこの順に積層され、下部シールドギャップ層 1 3 と上部シールドギャップ層 1 4 との間に、一端面がエアベアリング面 2 0 1 M に露出するように MR 素子 3 0 が埋設された構成をなしている。

【 0 0 3 0 】

絶縁層 1 1 は、再生ヘッド部 1 0 を基体 2 0 1 から電氣的に分離するためのものであり、例えば酸化アルミニウム (Al_2O_3 ; 以下、「アルミナ」という) などの絶縁性材料により構成されている。下部シールド層 1 2 および上部シールド層 1 5 は、MR 素子 3 0 を磁氣的に遮蔽するものであり、例えばニッケル鉄合金 ($NiFe$; 以下、「パーマロイ (商品名)」という) などの磁性材料により構成されている。下部シールドギャップ層 1 3 および上部シールドギャップ層 1 4 は、MR 素子 3 0 を周囲から磁氣的かつ電氣的に分離するためのものであり、例えばアルミナや窒化アルミニウム (AlN) などの非磁性非導電性材料により構成されている。MR 素子 3 0 は、磁気抵抗効果を利用してハードディスク 1 0 1 の信号磁界を検出し、そのハードディスク 1 0 1 に記録されている情報を磁氣的に再生するものであり、信号磁界の検出部分としての積層体 3 1 と、この積層体 3 1 に電流を供給するするためのリード層 3 2 R, 3 2 L とを含んで構成されている。

【 0 0 3 1 】

記録ヘッド部 2 0 は、例えば、再生ヘッド部 1 0 上に非磁性層 1 6 を介して形成されており、非磁性層 1 6 に隣接した下部磁極 1 7 と、記録ギャップ層 2 1 と、絶縁層 2 2, 2 3, 2 4 (図 3 では図示せず) に埋設された 2 段重ねの薄膜コイル 2 5, 2 6 と、上部磁極 2 7 とがこの順に積層された構成をなしている。なお、非磁性層 1 6 は、再生ヘッド部 1 0 と記録ヘッド部 2 0 との間を磁氣的に分

離するためのものであり、例えばアルミナなどにより構成されている。

【 0 0 3 2 】

下部磁極 1 7 は、上部磁極 2 7 と共に磁路を構成するものであり、例えばパーマロイなどの高飽和磁束密度材料により構成されている。記録ギャップ層 2 1 は、下部磁極 1 7 と上部磁極 2 7 との間にギャップを形成するものであり、例えばアルミナなどの絶縁性材料により構成されている。絶縁層 2 2, 2 3, 2 4 は、薄膜コイル 2 5, 2 6 を周囲から電氣的に分離するためのものであり、例えばフォトレジストなどの絶縁性材料により構成されている。薄膜コイル 2 5, 2 6 は、磁束を発生させるためのスパイラル構造をなすものであり、例えば銅 (C u) などの高導電性材料により構成されている。これらの薄膜コイル 2 5, 2 6 の一端は互いに連結されており、他端にはそれぞれ通電用のパッドが設けられている。上部磁極 2 7 は、主に、薄膜コイル 2 5, 2 6 において磁束を収容し、その磁束を利用して記録ギャップ層 2 1 近傍に記録用の磁界を発生させるものであり、例えばパーマロイや窒化鉄 (F e N) などの高飽和磁束密度材料により構成されている。この上部磁極 2 7 は、記録ギャップ層 2 1 に設けられた開口部 2 1 K を通じて下部磁極 1 7 と磁氣的に連結されている。なお、上部磁極 2 7 上には、さらに、記録ヘッド部 2 0 を周囲から電氣的に分離するためのオーバーコート層 (図示せず) が形成されている。

【 0 0 3 3 】

次に、図 3 ～図 6 を参照して、MR 素子 3 0 の詳細な構成について説明する。図 6 は、図 4 および図 5 に示した V I - V I 線に沿った矢視方向における MR 素子 3 0 の断面構成を拡大して表している。

【 0 0 3 4 】

MR 素子 3 0 は、図 6 に示したように、積層体 3 1 の両側に、2 つのリード層 3 2 R, 3 2 L が連結された構成をなしている。この積層体 3 1 は、下地層 4 1 と、半硬磁性層 4 2 と、非磁性交換結合層 4 3 と、第 1 の強磁性層 4 4 と、非磁性層 4 5 と、第 2 の強磁性層 4 6 と、反強磁性層 4 7 と、保護層 4 8 とがこの順に積層されており、第 1 の強磁性層 4 4 が下地層 4 1 に近い側に位置し、かつ第 2 の強磁性層 4 6 が下地層 4 1 から遠い側に位置するトップ型構造をなしている。

。この積層体 3 1 のうち、第 1 の強磁性層 4 4、非磁性層 4 5、第 2 の強磁性層 4 6 および反強磁性層 4 7 よりなる積層構造は、一般にスピバルブ構造と呼ばれている。この MR 素子 3 0 を構成する積層体 3 1 が、本発明の「電磁変換積層体」の一例に該当する。

【 0 0 3 5 】

以下では、積層体 3 1 に関して、半硬磁性層 4 2 および非磁性交換結合層 4 3 を除く構成要素について説明したのち、本実施の形態に係る MR 素子 3 0 の特徴部分である半硬磁性層 4 2 および非磁性交換結合層 4 3 について説明する。

【 0 0 3 6 】

下地層 4 1 は、その上に設けられた半硬磁性層 4 2 の磁気特性を安定させるものである。この下地層 4 1 は、例えばタンタル (T a)、ニッケル鉄クロム合金 (N i F e C r) またはニッケルクロム合金 (N i C r) などにより構成されており、その厚みは約 5. 0 n m である。

【 0 0 3 7 】

第 1 の強磁性層 4 4 は、いわゆる「フリー層」と呼ばれる感磁層であり、ハードディスク 1 0 1 の信号磁界に応じて磁化方向 4 4 J が回転可能になっている。この第 1 の強磁性層 4 4 は、例えばパーマロイやコバルト鉄合金 (C o F e) などの強磁性材料により構成されており、その厚みは約 3. 0 n m である。第 1 の強磁性層 4 4 は、特に、非磁性交換結合層 4 3 を介して半硬磁性層 4 2 と交換結合されており、外部磁界がゼロの状態において単磁区化され、磁化方向 4 4 J が縦方向になっている。

【 0 0 3 8 】

非磁性層 4 5 は、例えば銅、銀、金またはルテニウム (R u) などの非磁性材料により構成されており、その厚みは約 2. 0 n m である。

【 0 0 3 9 】

第 2 の強磁性層 4 6 は、いわゆる「ピンド層」であり、反強磁性層 4 7 と交換結合されることにより、その磁化方向 4 6 J が横方向に固定されている。この第 2 の強磁性層 4 6 は、例えば、互いに反対向きの 2 つの磁化が併存した積層構造をなすシンセティックピンド層であり、非磁性層を挟んで 2 つの強磁性層が積層

された構成をなしている。この第2の強磁性層46の具体的な構成は、例えば、コバルト鉄合金層（約2.0nm厚）／ルテニウム層（約1.0nm）／コバルト鉄合金層（約2.0nm厚）である。なお、第2の強磁性層46は必ずしも積層構造（シンセティックピンド層）をなす必要はなく、単層構造をなすようにしてもよい。

【0040】

反強磁性層47は、いわゆる「ピンニング層」であり、第2の強磁性層46の磁化方向46Jを固定させるためのものである。この反強磁性層47は、例えば白金マンガン合金（PtMn）、イリジウムマンガン合金（IrMn）、ルテニウムロジウムマンガン合金（RuRhMn）などの合金や酸化ニッケルなどの金属酸化物により構成されており、その厚みは約10.0nmである。

【0041】

保護層48は、積層体31の要部を物理的かつ化学的ダメージから保護するためのものである。この保護層48は、例えばタンタル、ロジウム（Rh）またはニッケルクロム合金などにより構成されており、その厚みは約2.0nmである。

【0042】

積層体31の特徴部分である半硬磁性層42は、RKKY相互作用による交換結合を利用して第1の強磁性層44の磁区を制御するために、その第1の強磁性層44に均一な縦方向の磁気バイアスを印加するためのものである。「RKKY相互作用」とは、伝導電子のスピンの極化を媒介とした間接的交換相互作用をいい、伝導電子を媒介とした核スピン間の交換相互作用を提唱したRuderman, Kittel およびこの問題を希土類および遷移金属に拡張したKasuya, Yoshida の4人の名前の頭文字に基づいて名付けられている。この半硬磁性層42は、軟磁性材料と硬磁性材料との中間の適度な保持力を有する半硬磁性材料、例えばニッケル（Ni）、ニッケルコバルト合金（NiCo）またはニッケルコバルト鉄クロムロジウム合金（NiCoFeCrRh）などにより構成されており、その厚みは約5.0nmである。特に、半硬磁性層42を構成する半硬磁性材料としては、例えば、第1の強磁性層44の磁区を制御可能な程度に異方性磁界 H_k が適度に大き

く、かつ、半硬磁性層 4 2 の磁化方向 4 2 J を安定的に縦方向とするために磁歪係数 $\lambda < 0$ であるのが好ましい。半硬磁性層 4 2 に関して異方性磁界 H_k が適度に大きいことを要するのは、主に、異方性磁界 H_k が小さすぎると、ハードディスク 1 0 1 の信号磁界に応じて容易に磁化方向 4 2 J が回転するため、信号磁界が第 1 の強磁性層 4 4 に十分に伝わらなくなり、一方、異方性磁界 H_k が大きすぎると、交換結合が必要以上に強固となるため、第 1 の強磁性層 4 4 の磁化方向 4 4 J が回転しづらくなり、いずれの場合においても再生出力の低下を招くこととなるからである。半硬磁性層 4 2 の幅は、例えば、積層体 3 1 のうちの第 1 の強磁性層 4 4 を含む上層部分の幅以上であり、具体的には、その第 1 の強磁性層 4 4 を含む上層部分の幅よりも大きくなっている。ここで、半硬磁性層 4 2 が本発明の特許請求の範囲に記載した「第 1 の磁区制御層」および「磁区制御層」の一例に該当する。

【 0 0 4 3 】

非磁性交換結合層 4 3 は、例えば銅、銀 (A g)、金 (A u) またはビスマス (B i) などの金属、酸化マグネシウム (M g O)、酸化ニッケル (N i O)、酸化銅 (C u O) または酸化コバルト (C o O) などの金属酸化物、硫化亜鉛 (Z n S)、セレン化亜鉛 (Z n S e)、窒化ガリウム (G a N)、砒素化ガリウム (G a A s) または珪素 (S i) などの半導体等の非磁性材料により構成されており、その厚みは約 1. 5 n m ~ 2. 0 n m、好ましくは約 2. 0 n m である。なお、非磁性交換結合層 4 3 を構成する非磁性材料としては、例えば、第 1 の強磁性層 4 4 の結晶構造や格子定数と類似する特性を有するものが好ましい。

【 0 0 4 4 】

次に、図 1 ~ 図 6 を参照して、ハードディスクドライブの動作について説明する。

【 0 0 4 5 】

このハードディスクドライブでは、情報の記録・再生時において、固定軸 1 0 5 を中心としてアーム 1 0 2 が旋回し、このアーム 1 0 2 の先端に取り付けられたヘッドスライダ 2 0 0 がハードディスク 1 0 1 の記録面と対向することにより、ヘッドスライダ 2 0 0 に形成された薄膜磁気ヘッド 2 0 2 からハードディスク

1 0 1 に対して記録・再生処理が施される。

【 0 0 4 6 】

具体的には、情報の記録時において、図示しない外部回路を通じて記録ヘッド部 2 0 の薄膜コイル 2 5, 2 6 に電流が流れると、薄膜コイル 2 5, 2 6 において磁束が発生する。このとき発生した磁束が主に上部磁極 2 7 に収容されたのち、エアベアリング面 2 0 1 M から放出されることにより、記録ギャップ層 2 1 近傍に記録用の磁界が発生する。この記録用の磁界に基づいて記録面が磁化されることにより、ハードディスク 1 0 1 に磁氣的に情報が記録される。

【 0 0 4 7 】

一方、情報の再生時においては、再生ヘッド部 1 0 の MR 素子 3 0 により磁気再生処理が実行される。すなわち、MR 素子 3 0 では、情報の再生前において、第 2 の強磁性層 4 6 と反強磁性層 4 7 との交換結合に基づいて、第 2 の強磁性層 4 6 の磁化方向 4 6 J が横方向に固定されていると共に、半硬磁性層 4 2 と第 1 の強磁性層 4 4 との交換結合に基づいて、第 1 の強磁性層 4 4 の磁化方向 4 4 J が縦方向に配向している。情報の再生時において、リード層 3 2 R, 3 2 L を通じて積層体 3 1 に検出電流（センス電流）が供給されると、そのセンス電流は、主に、積層体 3 1 のうちの第 1 の強磁性層 4 4 を流れる。第 1 の強磁性層 4 4 がハードディスク 1 0 1 の信号磁界を検知し、その磁化方向 4 4 J が回転すると、積層体 3 1 を流れる伝導電子が、第 1 の強磁性層 4 4 の磁化方向 4 4 J と第 2 の強磁性層 4 6 の磁化方向 4 6 J との間の相対角度に対応した抵抗を受ける。このときの積層体 3 1 の抵抗は、信号磁界の大きさに応じて変化する（磁気抵抗効果）。この磁気抵抗効果を利用して、積層体 3 1 の抵抗変化が電圧変化として検出されることにより、ハードディスク 1 0 1 に記録されていた情報が磁氣的に再生される。

【 0 0 4 8 】

次に、MR 素子 3 0 に関する特徴的な作用について説明する。

【 0 0 4 9 】

本実施の形態の MR 素子 3 0 では、積層体 3 1 中に半硬磁性層 4 2 を設け、非磁性交換結合層 4 3 を介して半硬磁性層 4 2 と第 1 の強磁性層 4 4 とを交換結合

させるようにしたので、以下の理由により、第 1 の強磁性層 4 4 の磁区を制御し、MR 素子 3 0 を小型化した場合においても十分な再生出力を得ることができる。

【 0 0 5 0 】

すなわち、第 1 の強磁性層 4 4 の磁区を制御する構成としては、例えば、図 7 に示した比較例としての MR 素子 1 3 0 のように、半硬磁性層 4 2 および非磁性交換結合層 4 3 を設ける代わりに、第 1 の強磁性層 4 4 の磁区制御手段として 2 つの硬磁性層 1 5 0 R, 1 5 0 L を積層体 3 1 に対して縦方向に隣接させる構成が一般的である。この MR 素子 1 3 0 の構成は、一般に「隣接接合 (abutted junction) 構造」と呼ばれるものである。この隣接接合型の MR 素子 1 3 0 では、硬磁性層 1 5 0 R, 1 5 0 L から第 1 の強磁性層 4 4 に縦方向の磁気バイアスが供給され、この磁気バイアスに基づいて第 1 の強磁性層 4 4 の磁化方向 4 4 J が縦方向に配向するため、本実施の形態の MR 素子 3 0 と同様の動作機構により磁気再生処理を実行可能となる。

【 0 0 5 1 】

しかしながら、隣接接合型の MR 素子 1 3 0 では、硬磁性層 1 5 0 R, 1 5 0 L から第 1 の強磁性層 4 4 に印加される磁気バイアスの分布が不均一になるため、第 1 の強磁性層 4 4 を単磁区化することが困難になる。すなわち、MR 素子 1 3 0 では、高保持力を有する硬磁性材料よりなる 2 つの硬磁性層 1 5 0 R, 1 5 0 L が第 1 の強磁性層 4 4 の両端に局在しているため、第 1 の強磁性層 4 4 のうち、硬磁性層 1 5 0 R, 1 5 0 L との隣接界面の近傍部（以下、「隣接界面近傍部」という）4 4 P に磁気バイアスが集中する。これにより、第 1 の強磁性層 4 4 では、隣接界面近傍部 4 4 P を除いた部分において磁化方向 4 4 J が信号磁界に応じて回転可能となるのに対して、隣接界面近傍部 4 4 P において磁化方向 4 4 J が固定されて回転不能となる。この隣接界面近傍部 4 4 P は、実質的に信号磁界を検知し得ない不感領域となる。したがって、MR 素子 1 3 0 では、不感領域の存在に起因して十分な磁気抵抗変化率が得られないため、十分な再生出力を得ることが困難になる。この再生出力に関する問題は、特に、ハードディスクの面記録密度の向上に応じて MR 素子 1 3 0 を小型化した場合に顕著になる。

【 0 0 5 2 】

これに対して、本実施の形態のMR素子30では、積層体31中に半硬磁性層42が設けられているため、半硬磁性層42から第1の強磁性層44に印加される磁気バイアスの分布が均一化され、第1の強磁性層44が全体に渡って単磁区化される。すなわち、MR素子30では、第1の強磁性層44の両側に硬磁性層150R、150Lが局在するMR素子130とは異なり、半硬磁性層42が非磁性交換結合層43を介して第1の強磁性層44と対向しているため、半硬磁性層42から第1の強磁性層44に対して全体に渡ってほぼ均等に磁気バイアスが印加される。この場合には、第1の強磁性層44の磁化方向44Jが全体に渡って回転可能となるため、不感領域が生じなくなる。しかも、半硬磁性層42は、軟磁性と硬磁性との中間の適度な保持力を有するため、この半硬磁性層42を第1の強磁性層44に対して極薄の非磁性交換結合層43を挟んで近接配置させたとしても、第1の強磁性層44の磁化方向44Jが固定されない。これにより、第1の強磁性層44の磁化方向44Jは、信号磁界がゼロのときに縦方向となり、かつ必要時に信号磁界に応じて回転可能となる。したがって、本実施の形態では、第1の強磁性層44の磁化方向44Jが容易に回転可能となり、これにより磁気抵抗変化率が確保されるため、MR素子30を小型化した場合においても十分な再生出力を得ることが可能となるのである。

【 0 0 5 3 】

特に、本実施の形態では、磁区制御手段として半硬磁性層42を用いているため、第1の強磁性層44に関する微視的な磁区制御の観点においても再生出力の確保を実現することができる。すなわち、磁区制御手段として硬磁性層150R、150Lを用いた場合には、第1の強磁性層44の微視的な磁区状態が均一になるとはいえない。なぜなら、硬磁性層150R、150Lでは、粒界や多種類の材料がモザイク状に配列された不均一な構造中において磁壁が固定されることにより高保持力が維持されており、微視的に見ると磁化が不均一なため、交換結合にばらつきが生じ得るからである。これに対して、硬磁性層150R、150Lよりも保持力が低い半硬磁性層42では、微視的な磁化がほぼ均一となり、これにより交換結合がほぼ均一化されるため、再生出力が確保されるのである。

【 0 0 5 4 】

また、本実施の形態では、半硬磁性層 4 2 の幅を第 1 の強磁性層 4 4 の幅以上としたので、第 1 の強磁性層 4 4 が全体に渡って半硬磁性層 4 2 と対向することとなり、この半硬磁性層 4 2 から第 1 の強磁性層 4 4 に対して全体に渡って磁気バイアスが印加される。したがって、半硬磁性層 4 2 の幅が第 1 の強磁性層 4 4 の幅よりも小さく、第 1 の強磁性層 4 4 の両端近傍部が半硬磁性層 4 2 と対向しない場合とは異なり、第 1 の強磁性層 4 4 において磁気バイアスが供給されにくい部分が生じないため、第 1 の強磁性層 4 4 のバイアス分布を均一化することができる。

【 0 0 5 5 】

なお、本実施の形態では、上記したように半硬磁性層 4 2 と第 1 の強磁性層 4 4 との交換結合を利用して十分な再生出力を得ることが可能な限り、以下に例示するように、MR 素子 3 0 の構成は自由に変更可能である。

【 0 0 5 6 】

《変形例 1》

具体的には、例えば、上記実施の形態では、第 1 の強磁性層 4 4 が下地層 4 1 に近い側に位置し、かつ第 2 の強磁性層 4 6 が下地層 4 1 から遠い側に位置するトップ型構造をなすように MR 素子 3 0 を構成したが、必ずしもこれに限られるものではなく、図 8 に示したように、第 1 の強磁性層 4 4 が下地層 4 1 から遠い側に位置し、かつ第 2 の強磁性層 4 6 が下地層 4 1 に近い側に位置するボトム型構造をなすように MR 素子 3 0 を構成してもよい。ボトム型の MR 素子 3 0 における積層体 3 1 の具体的な構成は、下地層 4 1 上に、反強磁性層 4 7 と、第 2 の強磁性層 4 6 と、非磁性層 4 5 と、第 1 の強磁性層 4 4 と、非磁性交換結合層 4 3 と、半硬磁性層 4 2 とがこの順に積層され、例えば、積層体 3 1 のうちの下地層 4 1 から非磁性交換結合層 4 3 までの積層部分にリード層 3 2 R, 3 2 L が連結された構成となる。

【 0 0 5 7 】

《変形例 2》

また、例えば、図 9 に示したように、MR 素子 3 0 に隣接接合構造を導入し、

積層体 3 1 のうち、例えば下地層 4 1 および半硬磁性層 4 2 よりなる積層部分に対して縦方向に隣接するように硬磁性層 5 0 R, 5 0 L を設けてもよい。下地層 4 1 および半硬磁性層 4 2 よりなる積層部分のみに硬磁性層 5 0 R, 5 0 L を隣接させるのは、図 7 に示した隣接接合型の MR 素子 1 3 0 に特有な弊害、すなわち硬磁性層 1 5 0 R, 1 5 0 L による磁気バイアスの影響が第 1 の強磁性層 4 4 に対して不均一に及び、第 1 の強磁性層 4 4 に不感領域が生じることを回避するためである。

【 0 0 5 8 】

図 9 に示した隣接接合型の MR 素子 3 0 では、特に、第 1 の強磁性層 4 4 の磁気配向特性が全体に渡って一様になるため、再生出力を安定化させることができる。その理由は、以下の通りである。

【 0 0 5 9 】

図 1 0 および図 1 1 は第 1 の強磁性層 4 4 に関するバイアス分布と磁気配向特性との相関を説明するためのものであり、図 1 0 は硬磁性層 5 0 R, 5 0 L を備えていない構造（図 6 参照）、図 1 1 は硬磁性層 5 0 R, 5 0 L を備えた変形例としての構造（図 9 参照）についてそれぞれ示している。なお、両図中において、（A）は磁気バイアス量、（B）は交換結合磁界の強さ H_{ex} をそれぞれ示していると共に、P R, P L は、図 6 および図 9 に示した第 1 の強磁性層 4 4 の一端（右端）位置 P R, 他端（左端）位置 P L にそれぞれ対応している。

【 0 0 6 0 】

図 6 に示した構成の MR 素子 3 0 では、例えば、図 1 0 （A）に示したように、半硬磁性層 4 2 から第 1 の強磁性層 4 4 に対して、一端位置 P R から他端位置 P L に渡って一様な強度の磁気バイアスが供給され、第 1 の強磁性層 4 4 におけるバイアス分布が均一化されたとしても、図 1 0 （B）に示したように、第 1 の強磁性層 4 4 のうち、一端位置 P R, 他端位置 P L の近傍部（以下、「両端近傍部」という）4 4 E では交換結合磁界が不足し、十分な磁気配向特性が得られない場合がある。

【 0 0 6 1 】

これに対して、図 9 に示した隣接接合型の MR 素子 3 0 では、半硬磁性層 4 2

から第1の強磁性層44に対して一様な強度の磁気バイアスが供給された上、さらに硬磁性層50R, 50Lから第1の強磁性層44の両端近傍部44Eに対して弱い磁気バイアスが選択的に追加供給される。これにより、図11(A)に示したように、第1の強磁性層44の一端位置PR, 他端位置PL近傍において磁気バイアス量が部分的に増加し、両端近傍部44Eにおいて磁気バイアスの影響を強く受けるようにバイアス分布が意図的に不均一化されるため、図11(B)に示したように、両端近傍部44Eの交換結合磁界が部分的に増加し、第1の強磁性層44の磁気配向特性が一端位置PRから他端位置PLに渡って一様になる。したがって、隣接接合型のMR素子30では、再生出力が安定化するのである。

【0062】

なお、MR素子30に隣接接合構造を導入する場合には、必ずしも下地層41および半硬磁性層42よりなる積層部分に硬磁性層50R, 50Lを隣接させなければならないわけではなく、不感領域を発生させない限り、積層体31に対する硬磁性層50R, 50Lの隣接範囲は自由に変更可能である。具体的には、例えば、図12に示したように、積層体31のうち、下地層41から第1の強磁性層44の途中までの積層部分に対して硬磁性層50R, 50Lを隣接させるようにしてもよい。

【0063】

《変形例3》

また、例えば、図13に示したように、リード層32R, 32Lのそれぞれの一端が保護層48と部分的にオーバーラップするようにMR素子30を構成してもよい。このMR素子30の構成は、一般に「リードオーバーレイ (lead over lay) 構造」と呼ばれるものである。このリードオーバーレイ型のMR素子30では、積層体31とリード層32R, 32Lとの接触面積が増加し、これにより積層体31を流れるセンス電流の電流効率が向上するため、この電流効率の観点から再生出力を向上させることができる。

【0064】

《変形例4》

また、例えば、図 1 4 に示したように、反射層 4 3 R と結合層 4 3 C とがこの順に積層された 2 層構成の非磁性交換結合層 4 3 を含むように MR 素子 3 0 を構成してもよい。この MR 素子 3 0 の構成は、一般に「スペキュラースピンバルブ構造 (specular spin valve)」と呼ばれるものである。反射層 4 3 R は、主に、積層体 3 1 中を流れる伝導電子を鏡面反射させるものであり、例えば酸化銅などの高反射性材料により構成されている。なお、反射層 4 3 R は、結合層 4 3 F と同様に、半硬磁性層 4 2 と第 1 の強磁性層 4 4 とを交換結合させる機能を兼ねる場合もある。このスペキュラースピンバルブ型の MR 素子 3 0 では、反射層 4 3 R において伝導電子が鏡面反射されることにより、積層体 3 1 中を流れるセンス電流の電流効率が向上するため、再生出力を向上させることができる。

【 0 0 6 5 】

《変形例 5》

また、例えば、図 1 4 に示した MR 素子 3 0 のうちの反射層 4 3 R を、第 1 の強磁性層 4 4 よりも高い導電性を有する導電層 4 3 D に置きかえるようにしてもよい。この導電層 4 3 D を備えた MR 素子 3 0 の構成は、一般に「スピンフィルタースピンバルブ構造 (spin filter spin valve)」と呼ばれるものである。導電層 4 3 D は、主に、積層体 3 1 中を流れる伝導電子を選択的に散乱させるものであり、例えば銅などの高導電性材料により構成されている。このスピンフィルタースピンバルブ型の MR 素子 3 0 では、導電層 4 3 D において伝導電子が選択散乱されることにより、積層体 3 1 中を流れるセンス電流の電流効率が向上するため、再生出力を向上させることができる。

【 0 0 6 6 】

《変形例 6》

また、例えば、図 1 5 に示したように、積層体 3 1 のうち、下地層 4 1 および保護層 4 8 のそれぞれに対して上下方向に隣接するように 2 つの電極 6 0 D, 6 0 U を設けると共に、積層体 3 1 の側方を絶縁層 6 1 R, 6 1 L で埋設するように MR 素子 3 0 を構成してもよい。この MR 素子 3 0 の構成は、一般に「トンネル接合構造 (magnetic tunnel junction)」と呼ばれるものである。このトンネル接合型の MR 素子 3 0 を構成する積層体 3 1 は、非磁性層 4 5 に代えて、例え

ばアルミナなどの非磁性の絶縁材料よりなる極薄のトンネル絶縁層 6 3 を含んでいる。このトンネル接合型のMR素子 3 0 では、電極 6 0 D, 6 0 U を利用して積層体 3 1 に電圧が印加されると、第 1 の強磁性層 4 4 と第 2 の強磁性層 4 6 との間で伝導電子がトンネル絶縁層 6 3 を量子力学的にトンネルすることにより、トンネル磁気抵抗効果が生じる。このトンネル接合構造によれば、スピバルブ構造よりも大きな磁気抵抗変化率を得られることが知られていることから、このトンネル接合型のMR素子 3 0 では、上記した一連のスピバルブ型のMR素子 3 0 よりも大きな再生出力を得ることができる。

【 0 0 6 7 】

次に、本実施の形態に係る電磁変換素子の製造方法が適用されるMR素子 3 0 の製造方法について説明する。図 1 6 ～図 2 1 は、MR素子 3 0 の製造工程を説明するためのものである。なお、以下では、図 9 に示した隣接接合型のMR素子 3 0 を製造する場合について説明し、その際、各構成要素の形成材料、形成位置および構造的特徴等については既に詳述したので、それらの説明を随時省略するものとする。

【 0 0 6 8 】

MR素子 3 0 は、主に、めっき処理やスパッタリングなどを使用したリフトオフによるパターン成膜技術、フォトリソグラフィ技術などのパターニング技術、ならびにイオンミリングなどのエッチング技術等を含む薄膜プロセスを利用して、各構成要素を順次形成して積層させることにより製造される。

【 0 0 6 9 】

すなわち、まず、図 1 6 に示したように、下地層 4 1 上に、半硬磁性層 4 2 を積層する。続いて、半硬磁性層 4 2 上にフォトレジストを塗布してフォトレジスト膜（図示せず）を形成したのち、このフォトレジスト膜を露光・現像してパターニングすることにより、2つの開口部 7 1 K R, 7 1 K L が設けられたマスク層 7 1 を形成する。このマスク層 7 1 を形成する際には、例えば、後工程のリフトオフ時においてマスク層 7 1 を容易に剥離可能とするために、半硬磁性層 4 2 との界面近傍にアンダーカット部を設けておくのが好ましい。このマスク層 7 1 にアンダーカットを設ける点は、後述するマスク層 7 2, 7 3 についても同様と

する。

【 0 0 7 0 】

続いて、マスク層 7 1 を用いて、全体にエッチング処理を施す。このエッチング処理により、下地層 4 1 および半硬磁性層 4 2 よりなる積層構造のうち、マスク層 7 1 の開口部 7 1 K R, 7 1 K L に対応する部分が選択的に除去され、図 1 7 に示したように、積層構造に 2 つの開口部 4 2 K R, 4 2 K L が形成される。

【 0 0 7 1 】

続いて、開口部 4 2 K R, 4 2 K L を埋め込むように、全体に硬磁性層 5 0 を形成する。これにより、図 1 7 に示したように、開口部 4 2 K R に硬磁性層 5 0 R が形成されると共に、開口部 4 2 K L に硬磁性層 5 0 L が形成される。こののち、使用済みのマスク層 7 1 を剥離することにより、マスク層 7 1 と共にその上に堆積した余分な硬磁性層 5 0 を除去する（リフトオフ）。

【 0 0 7 2 】

続いて、図 1 8 に示したように、下地層 4 1 および半硬磁性層 4 2 よりなる積層構造上に、非磁性交換結合層 4 3 と、第 1 の強磁性層 4 4 と、非磁性層 4 5 と、第 2 の強磁性層 4 6 と、反強磁性層 4 7 と、保護層 4 8 とをこの順に積層したのち、保護層 4 8 上に、2 つの開口部 7 2 K R, 7 2 K L が設けられたマスク層 7 2 を形成する。このマスク層 7 2 を形成する際には、例えば、開口部 7 2 K R, 7 2 K L 間に位置する部分の幅が、先工程において形成したマスク層 7 1 のうちの同箇所部分の幅よりも狭くなるようにする。

【 0 0 7 3 】

続いて、マスク層 7 2 を用いて全体にエッチング処理を施すことにより、図 1 9 に示したように、非磁性交換結合層 4 3 から保護層 4 8 までの積層構造に、2 つの開口部 4 8 K R, 4 8 K L を選択的に形成する。

【 0 0 7 4 】

続いて、図 1 9 に示したように、開口部 4 8 K R, 4 8 K L を埋め込むように全体にリード層 3 2 を形成することにより、開口部 4 8 K R にリード層 3 2 R を形成すると共に、開口部 4 8 K L にリード層 3 2 L を形成する。こののち、使用済みのマスク層 7 2 をリフトオフする。

【 0 0 7 5 】

続いて、図 2 0 に示したように、非磁性交換結合層 4 3 から保護層 4 8 までの積層構造のうち、幅方向においてリード層 3 2 R からリード層 3 2 L に至る領域を覆うように、マスク層 7 3 を選択的に形成する。

【 0 0 7 6 】

最後に、マスク層 7 3 を用いて全体にエッチング処理を施し、下地層 4 1 から保護層 4 8 までの積層構造の不要部分を除去することにより、図 2 1 に示したように、下地層 4 1 から保護層 4 8 までが積層された積層体 3 1 を含む隣接接合型の MR 素子 3 0 が完成する。

【 0 0 7 7 】

次に、MR 素子 3 0 の製造方法に関する特徴的な作用について説明する。

【 0 0 7 8 】

本実施の形態に係る MR 素子 3 0 の製造方法では、半硬磁性層 4 2 と第 1 の強磁性層 4 4 とが非磁性交換結合層 4 3 を介して互いに交換結合された積層体 3 1 を含む素子構造の形成手法として、リフトオフ法を含む既存の薄膜プロセスしか用いないため、交換結合を利用して第 1 の強磁性層 4 4 の磁区が制御された MR 素子 3 0 を簡単に製造することができる。

【 0 0 7 9 】

以上、実施の形態を挙げて本発明を説明したが、本発明は上記実施の形態に限定されず、種々の変形が可能である。例えば、上記実施の形態では、本発明を記録・再生両用の薄膜磁気ヘッドに適用する場合について説明したが、再生専用の薄膜磁気ヘッドに適用することも可能である。また、例えば、記録再生両用の薄膜磁気ヘッドについては、再生ヘッド部および記録ヘッド部の積層順序を逆にしてもよいし、あるいは再生ヘッド部および記録ヘッド部よりなる 2 層構成に限らず、複数の再生ヘッド部や記録ヘッド部を含む 3 層以上の構成であってもよい。

【 0 0 8 0 】

また、例えば、上記実施の形態では、本発明を磁気再生用の薄膜磁気ヘッドに適用する場合について説明したが、必ずしもこれに限られるものではなく、例えば、磁界を検知するセンサ（例えば加速度センサ）や磁気信号を記憶するメモリ

などに適用することも可能である。

【 0 0 8 1 】

【発明の効果】

以上説明したように、請求項 1 ないし請求項 6 のいずれか 1 項、請求項 7、あるいは請求項 8 に記載の電磁変換積層体、請求項 9 または請求項 1 0 に記載の電磁変換素子、請求項 1 1 に記載の薄膜磁気ヘッド、請求項 1 2 に記載の磁気ヘッドアセンブリ、請求項 1 3 に記載の磁気再生装置によれば、非磁性交換結合層を挟んで半硬磁性層および第 1 の強磁性層が積層され、この非磁性交換結合層を介して半硬磁性層と第 1 の強磁性層とが互いに交換結合されるようにしたので、第 1 の強磁性層におけるバイアス分布が均一化され、第 1 の強磁性層が単磁区化される。したがって、第 1 の強磁性層の磁化方向が容易に回転可能となり、これにより磁気抵抗変化率が確保されるため、電磁変換積層体を小型化した場合においても十分な再生出力を得ることができる。

【 0 0 8 2 】

また、請求項 1 4 記載の電磁変換素子の製造方法によれば、半硬磁性層と第 1 の強磁性層とが非磁性交換結合層を介して互いに交換結合された積層構造の形成手法として、リフトオフ法を含む既存の薄膜プロセスしか用いないため、交換結合を利用して再生出力の確保に寄与可能な本発明の電磁変換素子を簡単に製造することができる。

【 0 0 8 3 】

また、上記の他、請求項 3 に記載の電磁変換積層体によれば、半硬磁性層の幅を第 1 の強磁性層の幅以上としたので、半硬磁性層の幅が第 1 の強磁性層の幅よりも小さい場合とは異なり、第 1 の強磁性層のバイアス分布を均一化することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の一実施の形態に係るハードディスクドライブの要部の概観構成を表す斜視図である。

【図 2】

ヘッドスライダの概観構成を拡大して表す斜視図である。

【図 3】

薄膜磁気ヘッドの概観構成を分解して表す斜視図である。

【図 4】

図 3 に示した矢印 I V 方向から見た薄膜磁気ヘッドの平面構成を表す平面図である。

【図 5】

図 4 に示した V - V 線に沿った矢視方向における薄膜磁気ヘッドの断面構成を表す断面図である。

【図 6】

図 4 に示した V I - V I 線に沿った矢視方向における M R 素子の断面構成を表す断面図である。

【図 7】

本発明の一実施の形態に係るハードディスクドライブを構成する M R 素子に対する比較例としての M R 素子の断面構成を表す断面図である。

【図 8】

本発明の一実施の形態に係る M R 素子の構成に関する第 1 の変形例（ボトム型構造）を表す断面図である。

【図 9】

本発明の一実施の形態に係る M R 素子の構成に関する第 2 の変形例（隣接接合型構造）を表す断面図である。

【図 1 0】

硬磁性層を備えていない M R 素子のうちの第 1 の強磁性層に関するバイアス分布と磁気配向特性との相関を説明するための図である。

【図 1 1】

硬磁性層を備えた M R 素子のうちの第 1 の強磁性層に関するバイアス分布と磁気配向特性との相関を説明するための図である。

【図 1 2】

図 9 に示した M R 素子の構成に関する他の変形例を表す断面図である。

【図 1 3】

本発明の一実施の形態に係るMR素子の構成に関する第3の変形例（リードオーバーレイ型構造）を表す断面図である。

【図 1 4】

本発明の一実施の形態に係るMR素子の構成に関する第4の変形例（スペキュラースピンバルブ型構造）を表す断面図である。

【図 1 5】

本発明の一実施の形態に係るMR素子の構成に関する第6の変形例（トンネル接合型構造）を表す断面図である。

【図 1 6】

本発明の一実施の形態に係るMR素子の製造工程における一工程を説明するための断面図である。

【図 1 7】

図 1 6 に続く工程を説明するための断面図である。

【図 1 8】

図 1 7 に続く工程を説明するための断面図である。

【図 1 9】

図 1 8 に続く工程を説明するための断面図である。

【図 2 0】

図 1 9 に続く工程を説明するための断面図である。

【図 2 1】

図 2 0 に続く工程を説明するための断面図である。

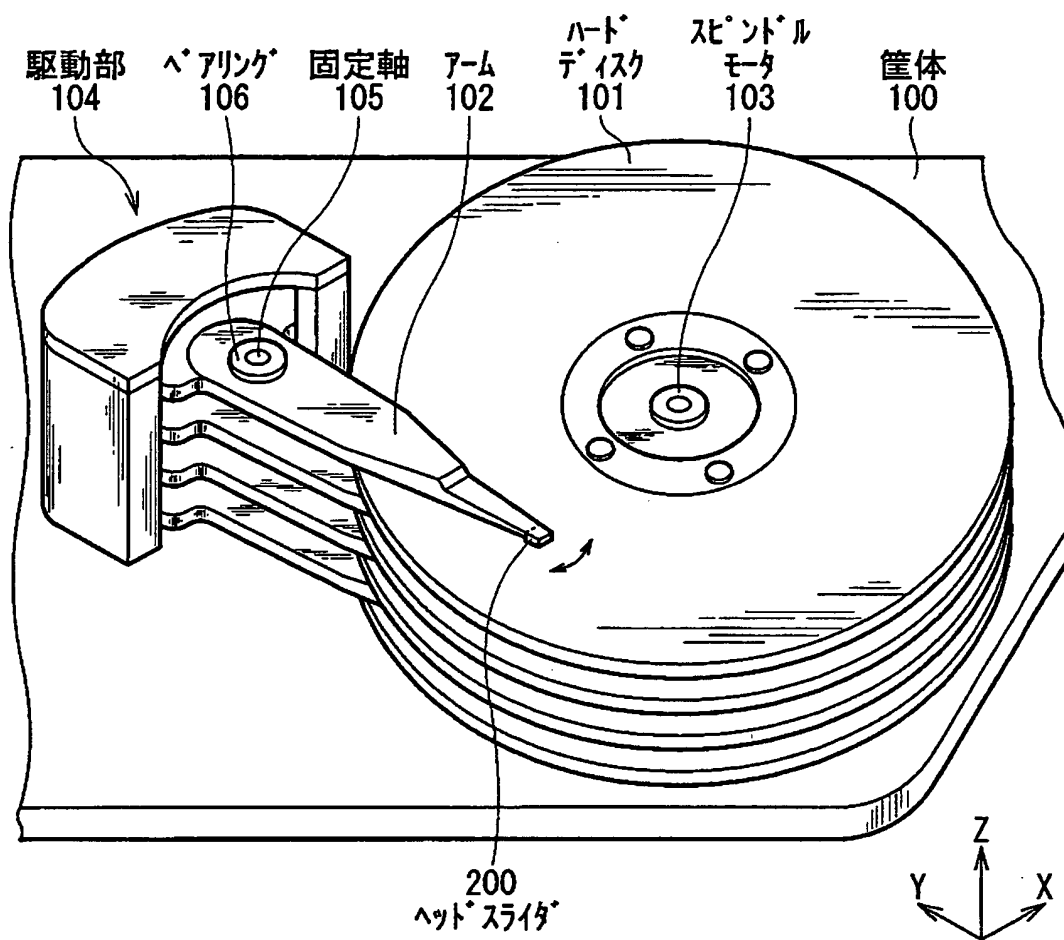
【符号の説明】

1 0 … 再生ヘッド部、1 1, 2 2, 2 3, 2 4, 6 1 R, 6 1 L … 絶縁層、1 2 … 下部シールド層、1 3 … 下部シールドギャップ層、1 4 … 上部シールドギャップ層、1 5 … 上部シールド層、1 6, 4 5 … 非磁性層、1 7 … 下部磁極、2 0 … 記録ヘッド部、2 1 … 記録ギャップ層、2 5, 2 6 … 薄膜コイル、2 7 … 上部磁極、3 0 … MR素子、3 1 … 積層体、3 2 (3 2 R, 3 2 L) … リード層、4 1 … 下地層、4 2 … 半硬磁性層、4 2 J, 4 4 J, 4 6 J … 磁化方向、4 3 … 非

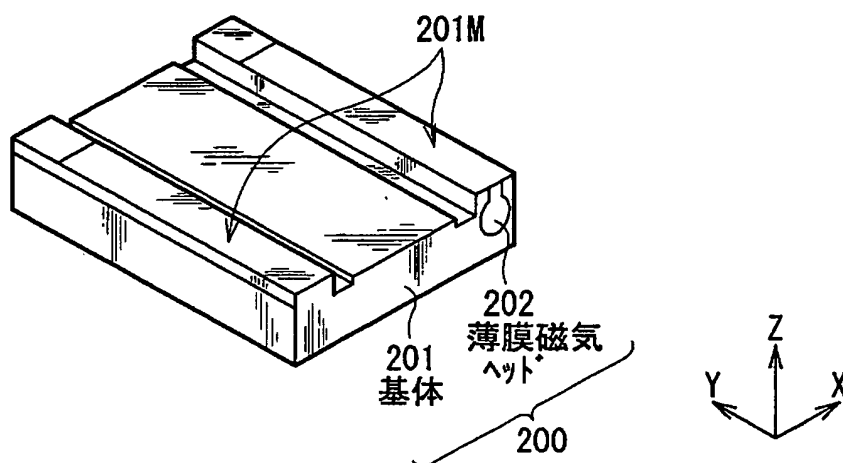
磁性交換結合層、4 3 C…結合層、4 3 D…導電層、4 3 R…反射層、4 4…第 1 の強磁性層、4 6…第 2 の強磁性層、4 7…反強磁性層、4 8…保護層、5 0 (5 0 R, 5 0 L)…硬磁性層、6 0 D, 6 0 U…電極、6 3…トンネル絶縁層、7 1, 7 2, 7 3…マスク層、1 0 0…筐体、1 0 1…ハードディスク、1 0 2…アーム、1 0 3…スピンドルモータ、1 0 4…駆動部、1 0 5…固定軸、1 0 6…ベアリング、2 0 0…ヘッドスライダ、2 0 1…基体、2 0 1 M…エアベアリング面、2 0 2…薄膜磁気ヘッド。

【書類名】 図面

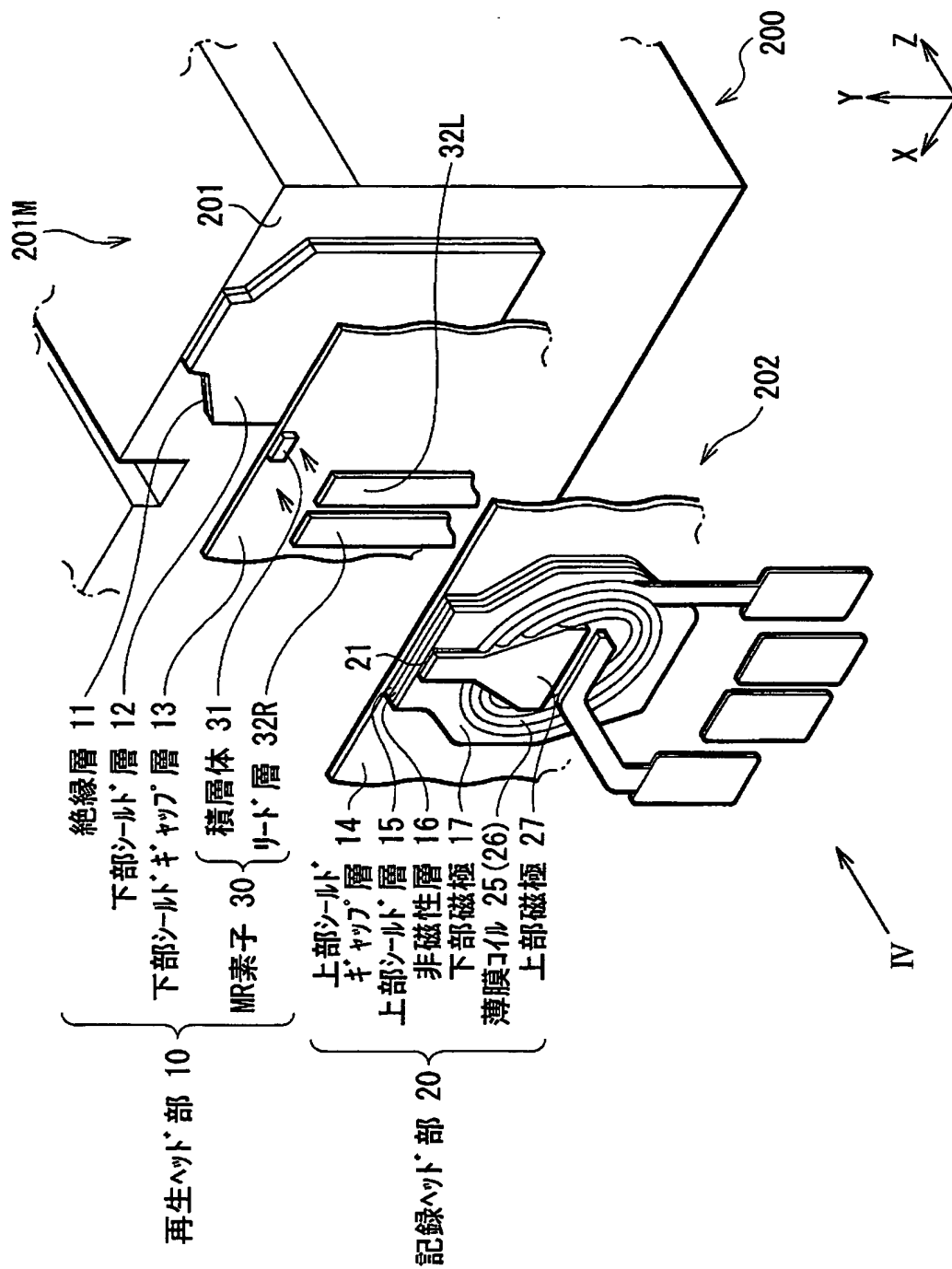
【図 1】



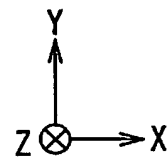
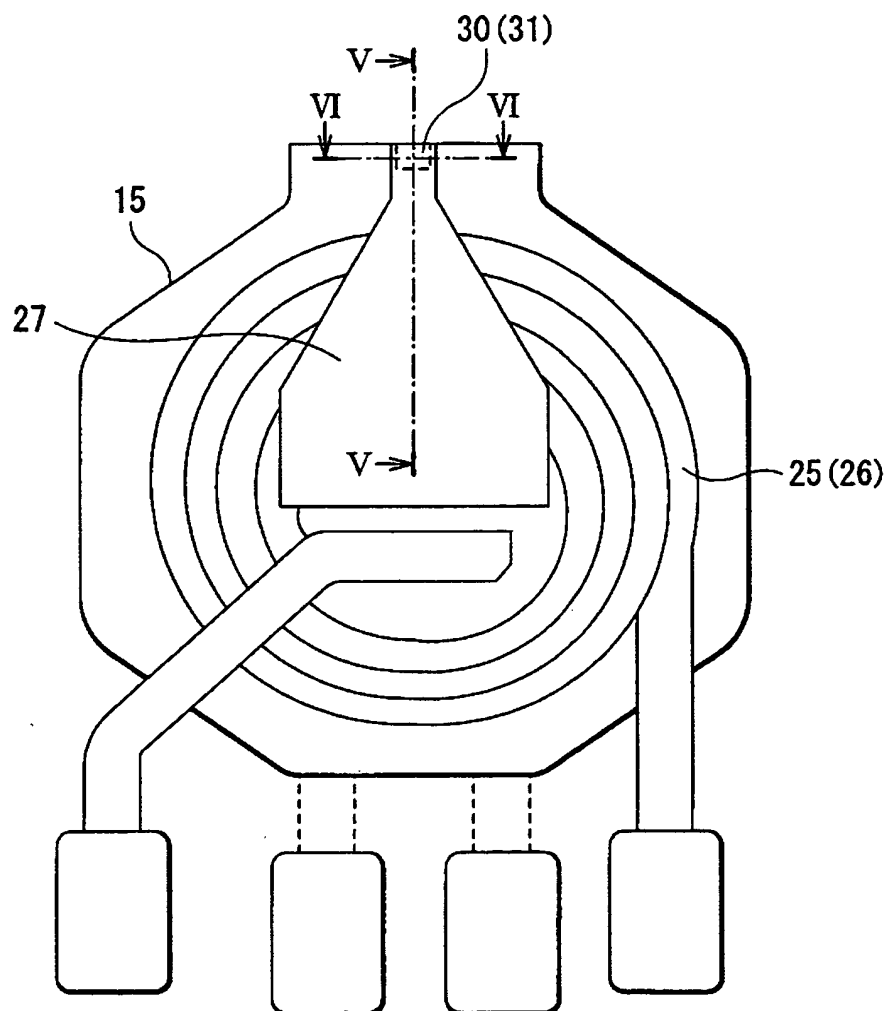
【図 2】



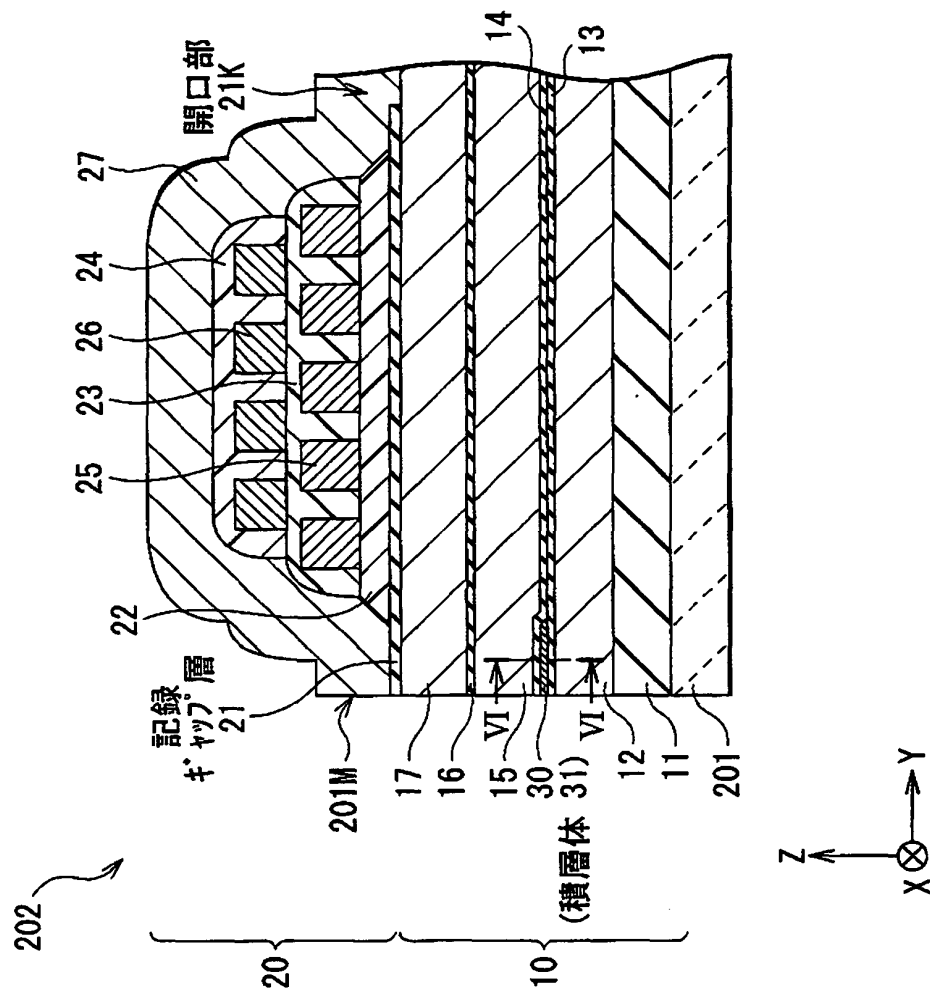
【図3】



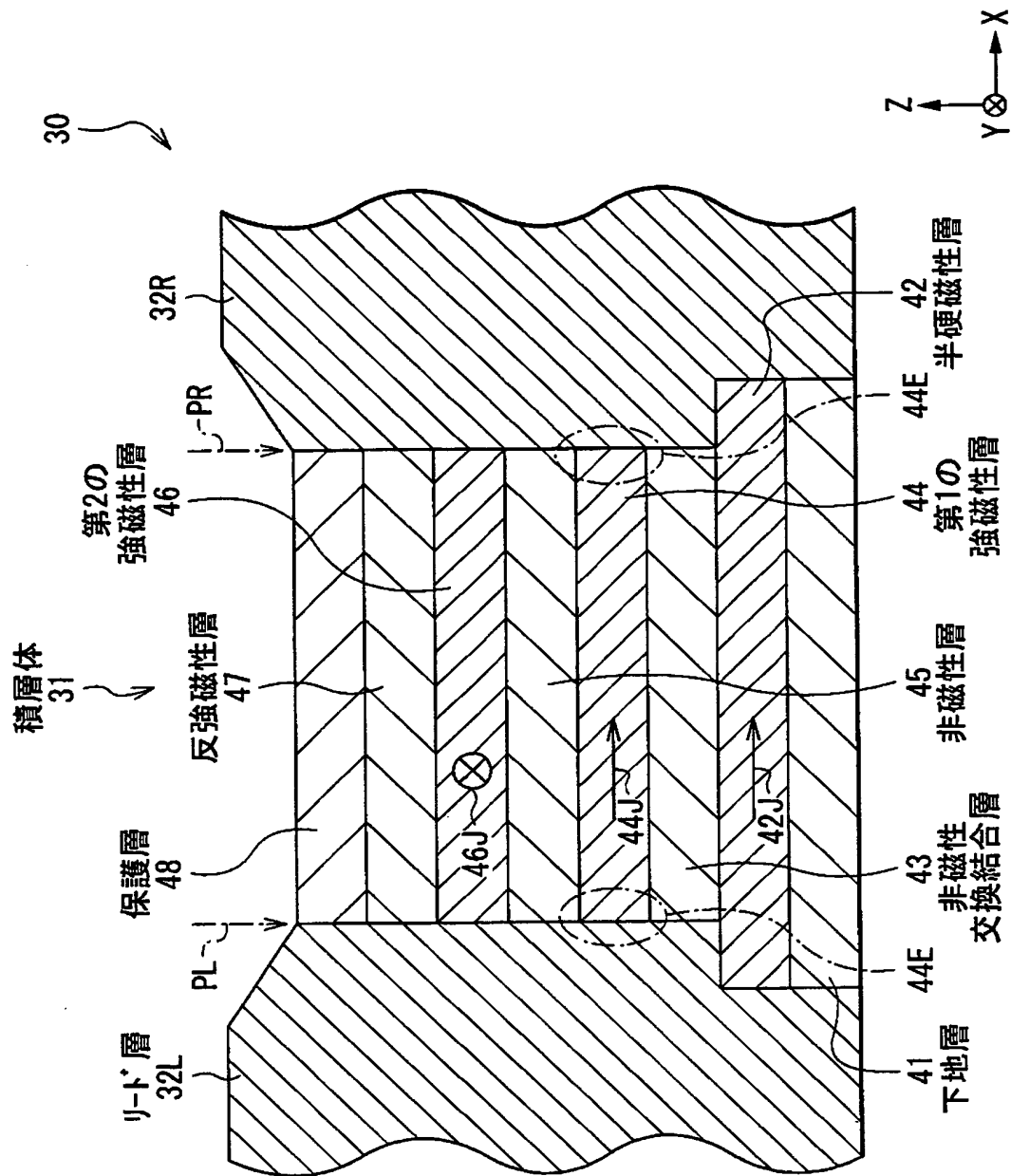
【図 4】



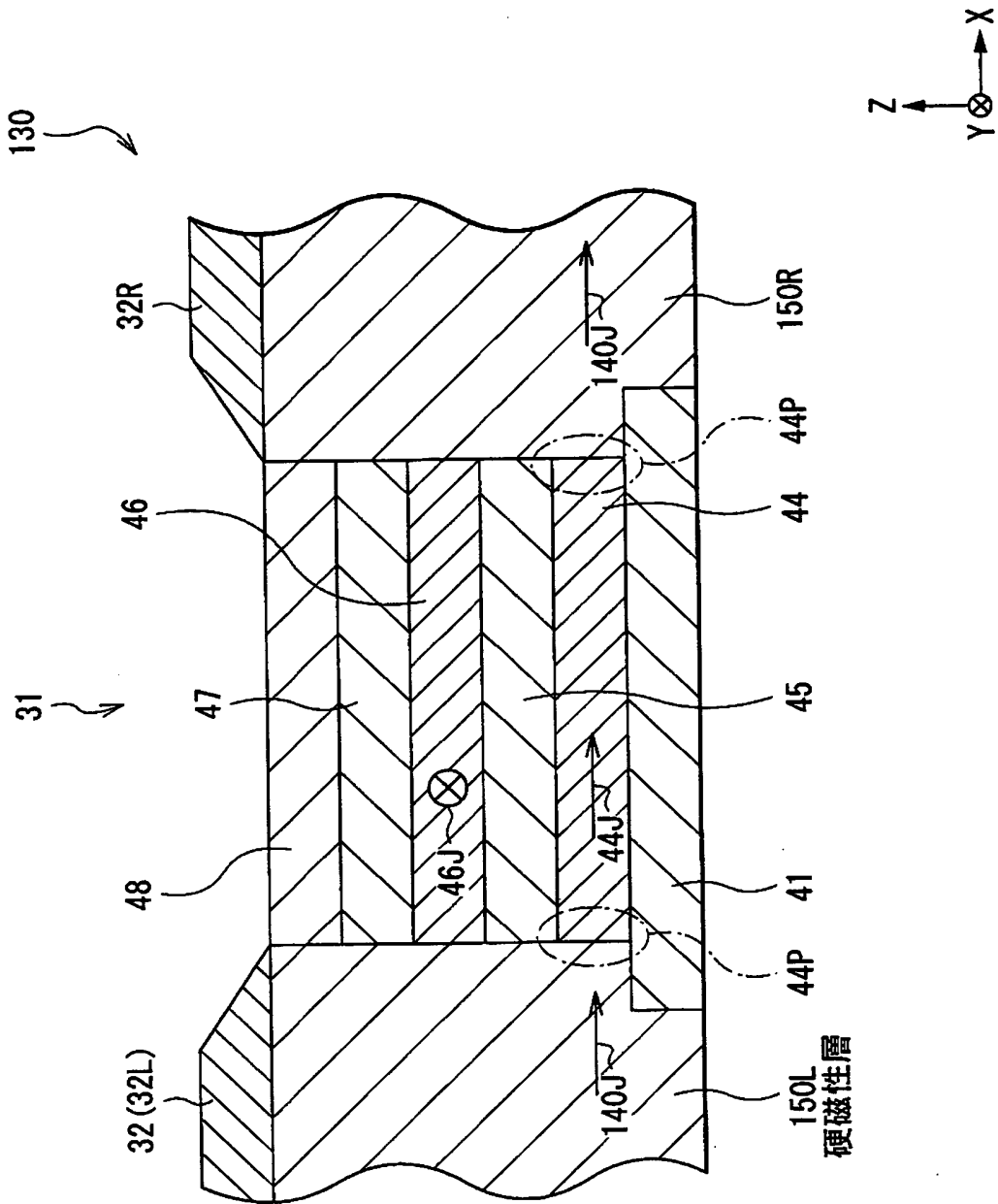
【図 5】



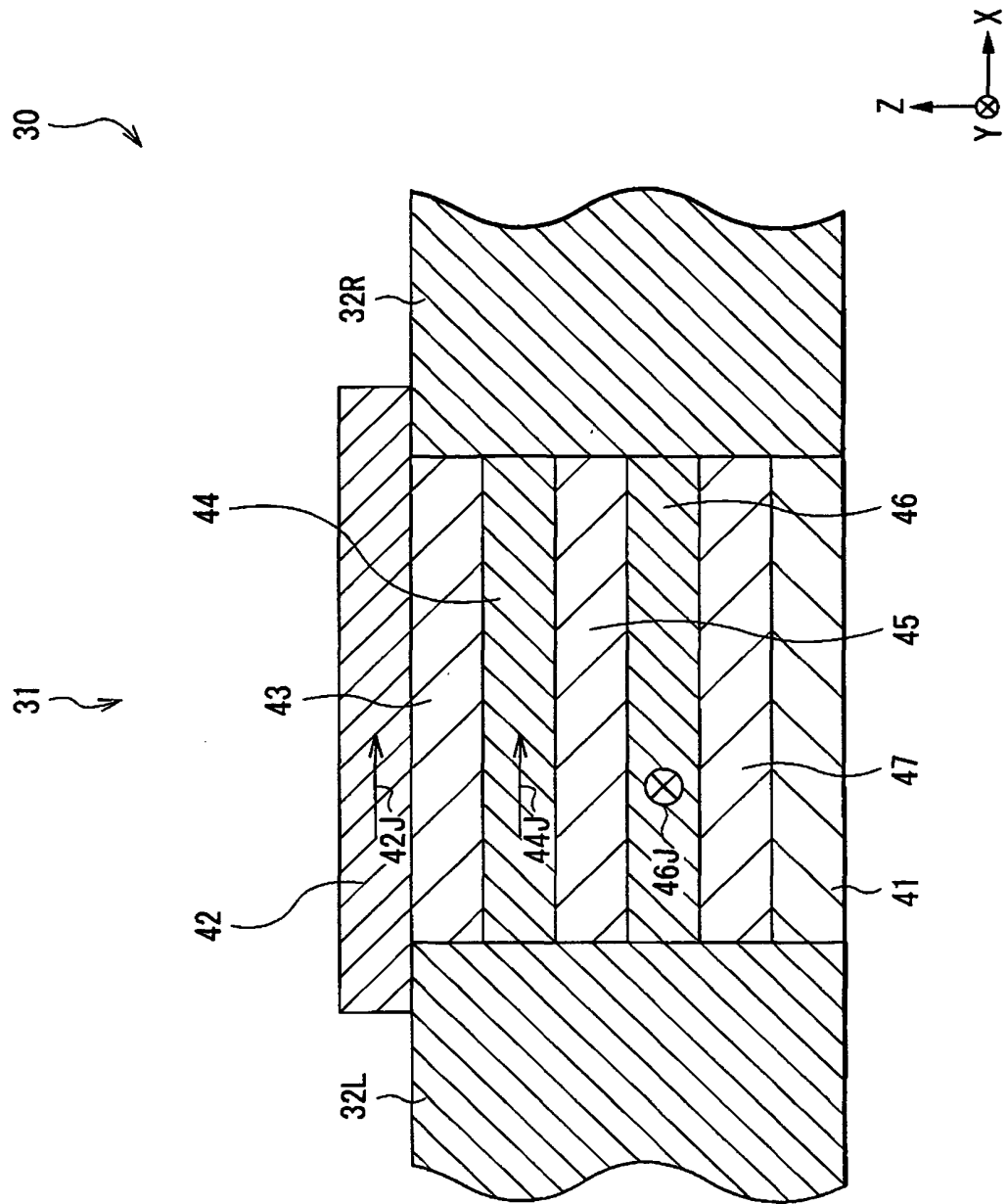
【図 6】



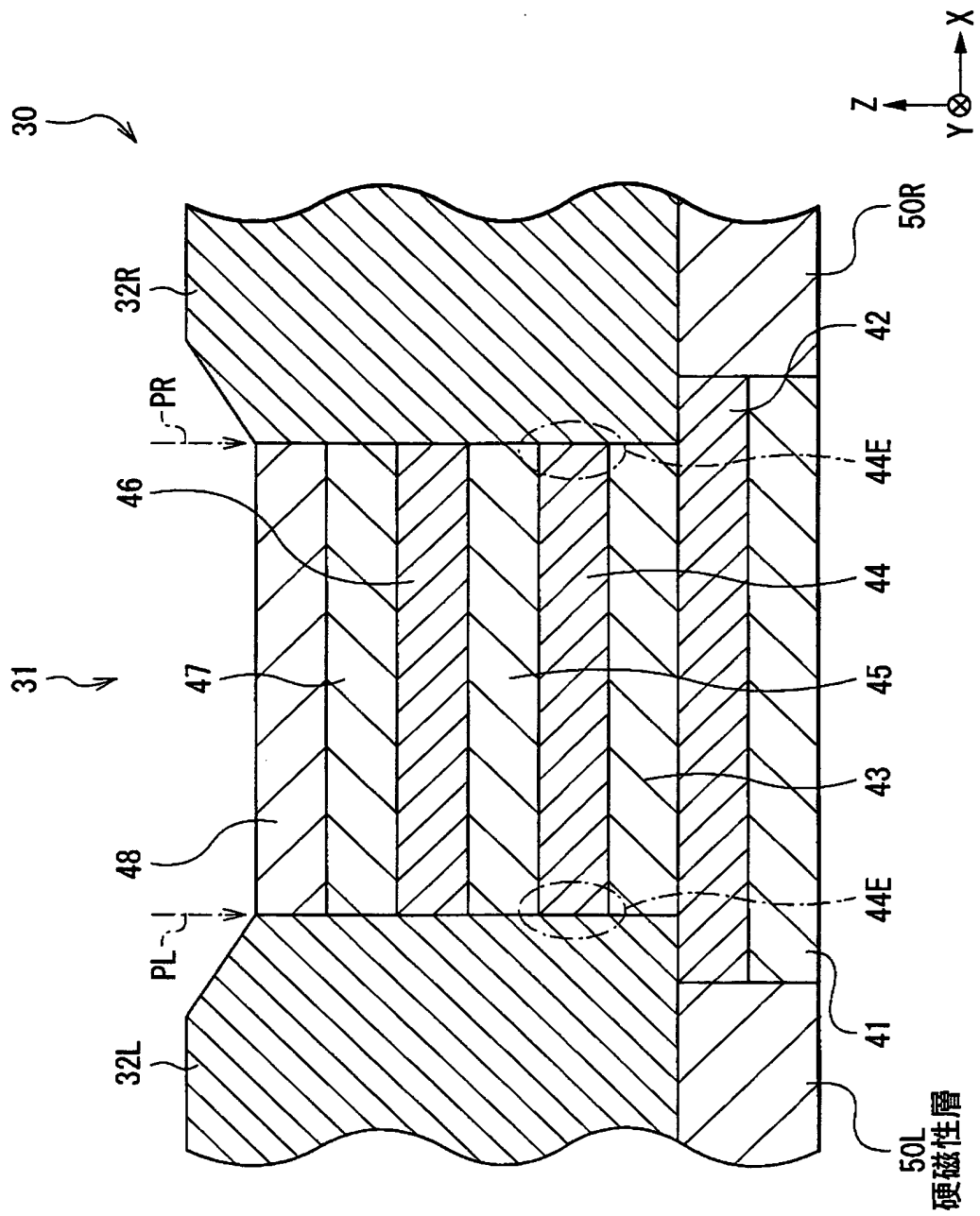
【図 7】



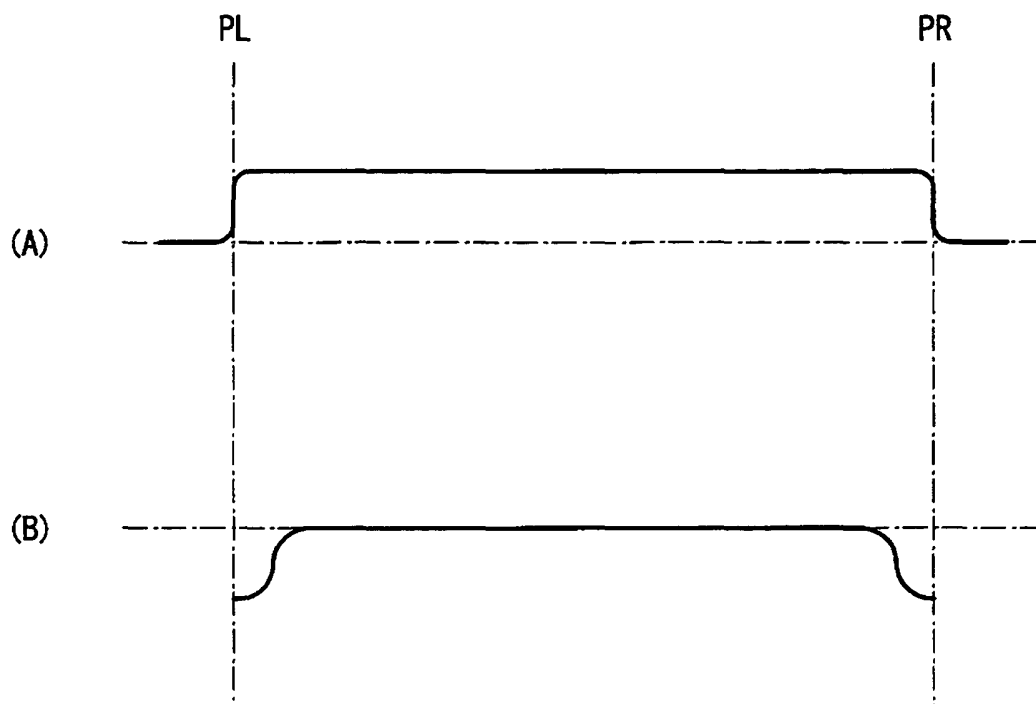
【図 8】



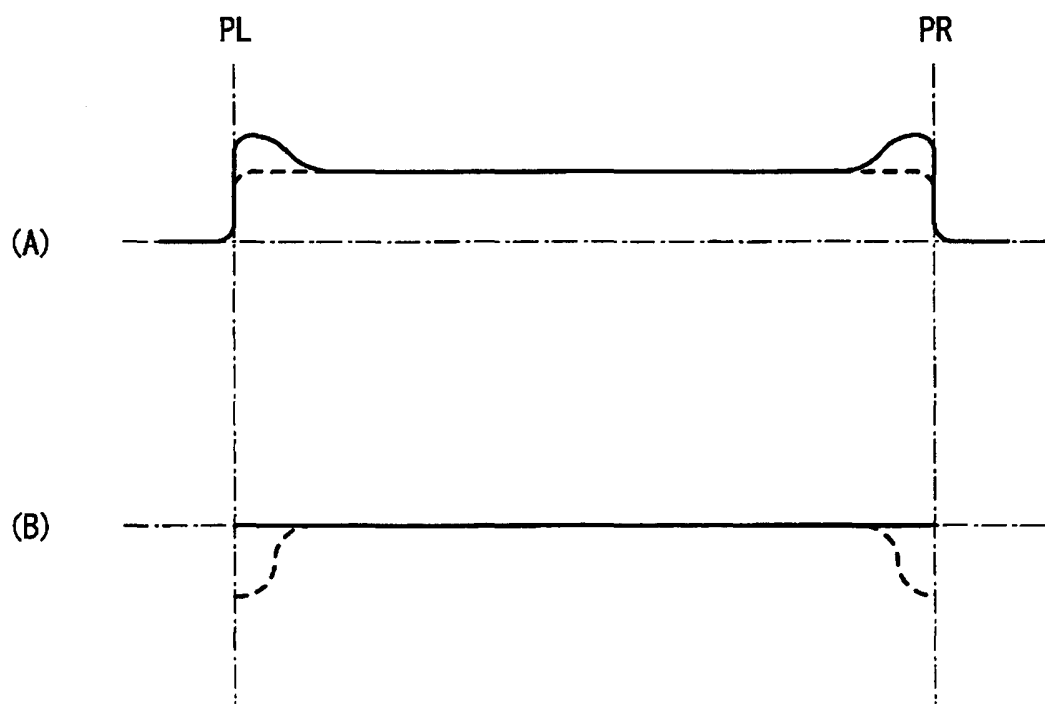
【図9】



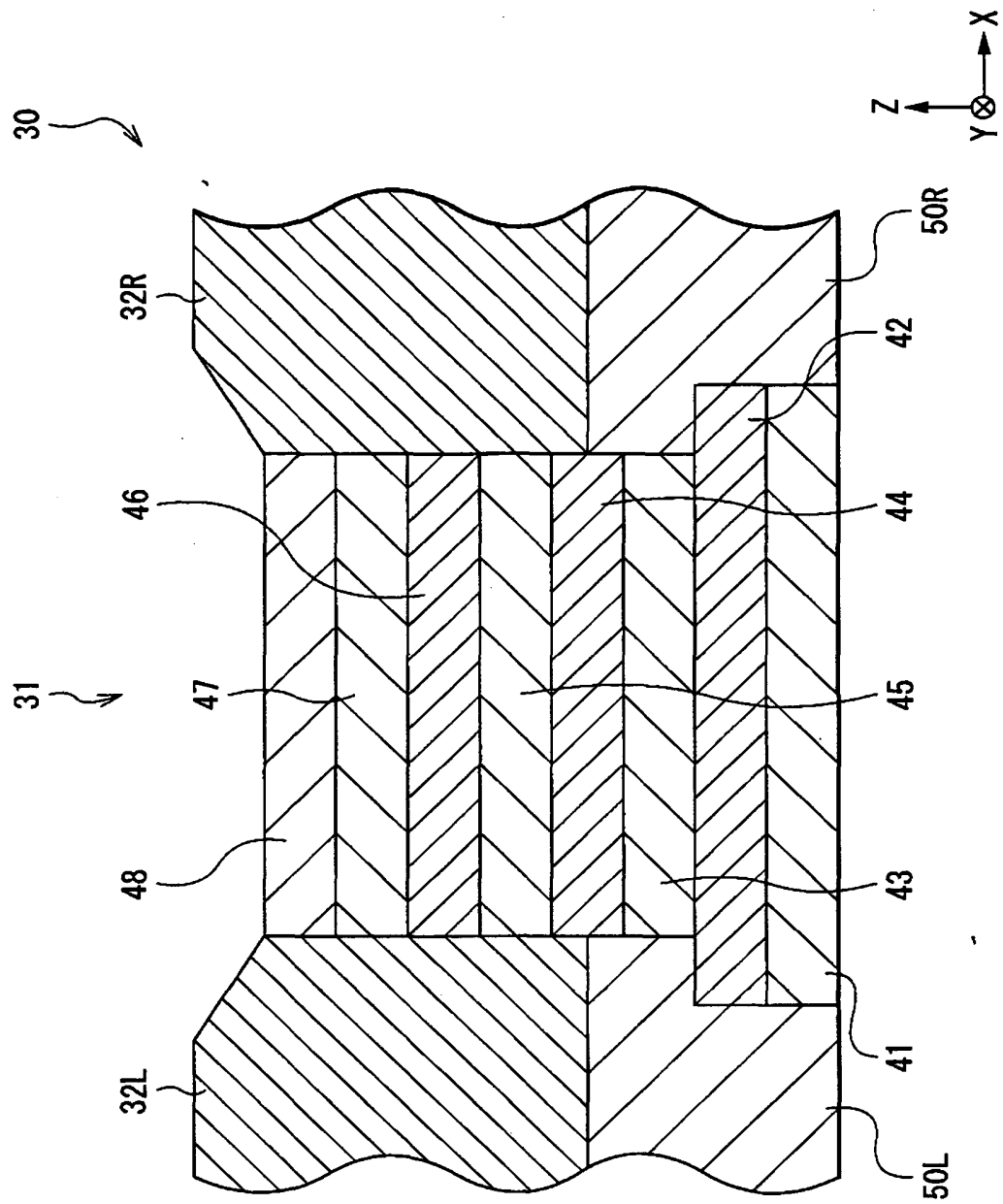
【図 1 0】



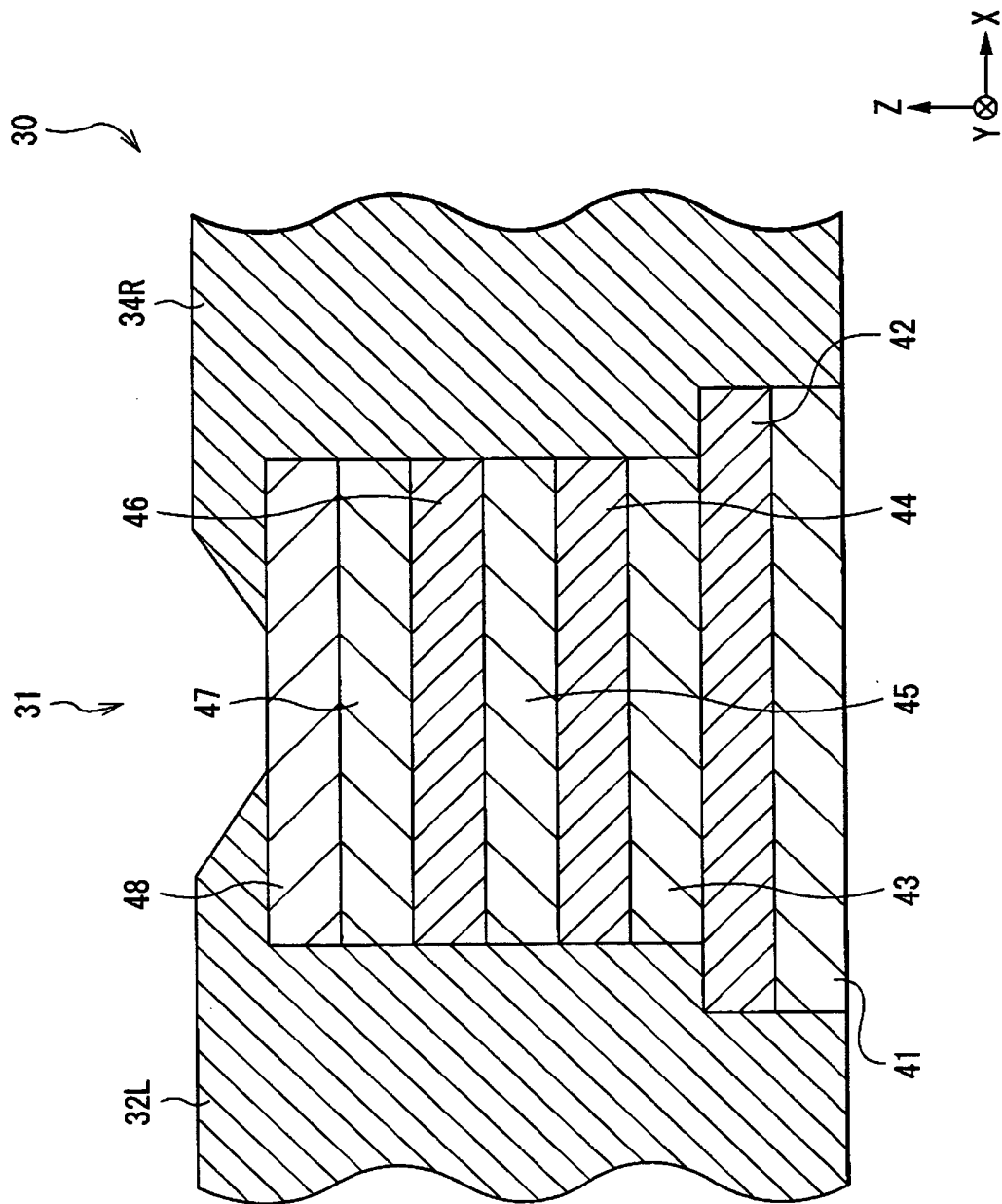
【図 1 1】



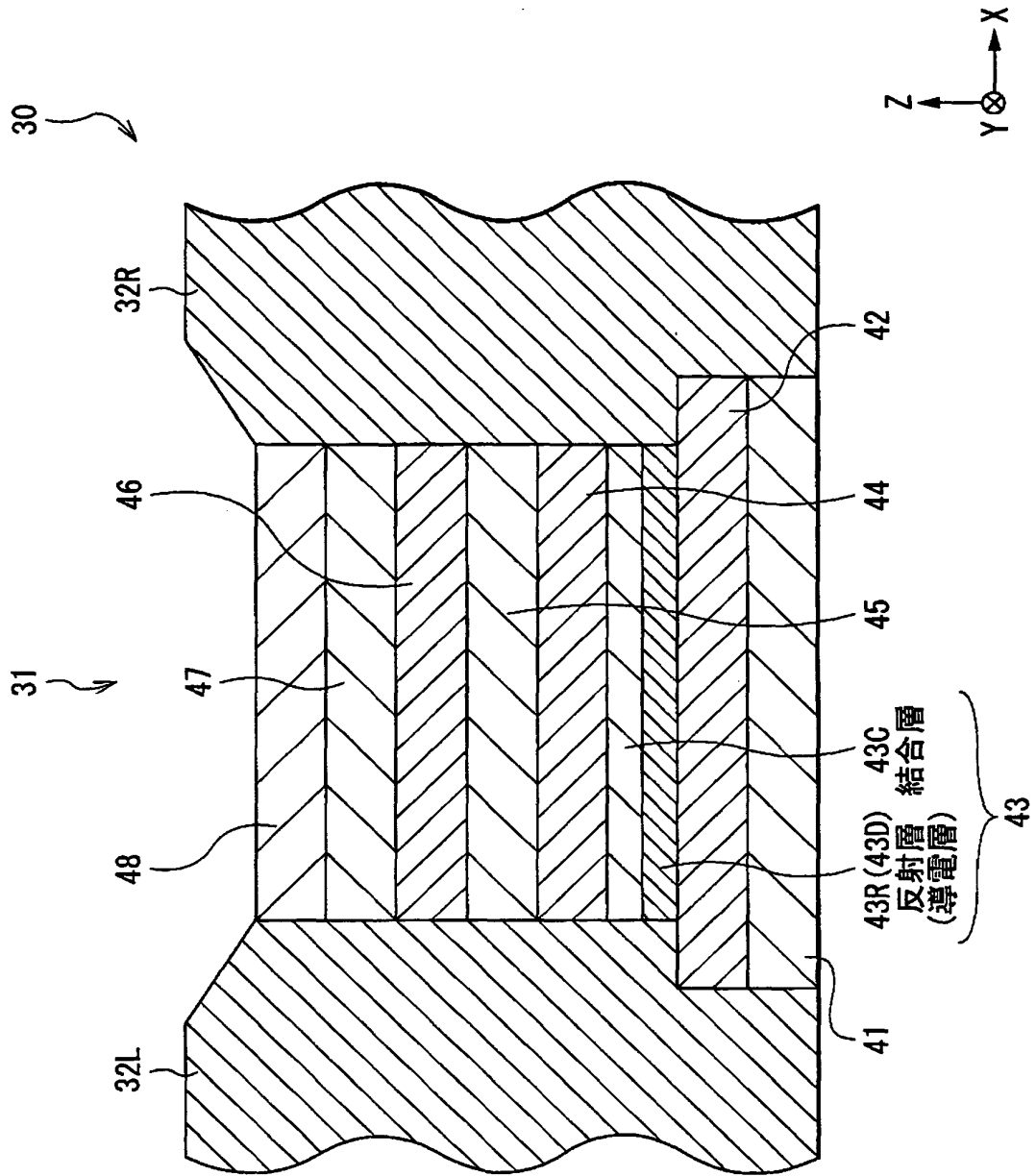
【図 1 2】



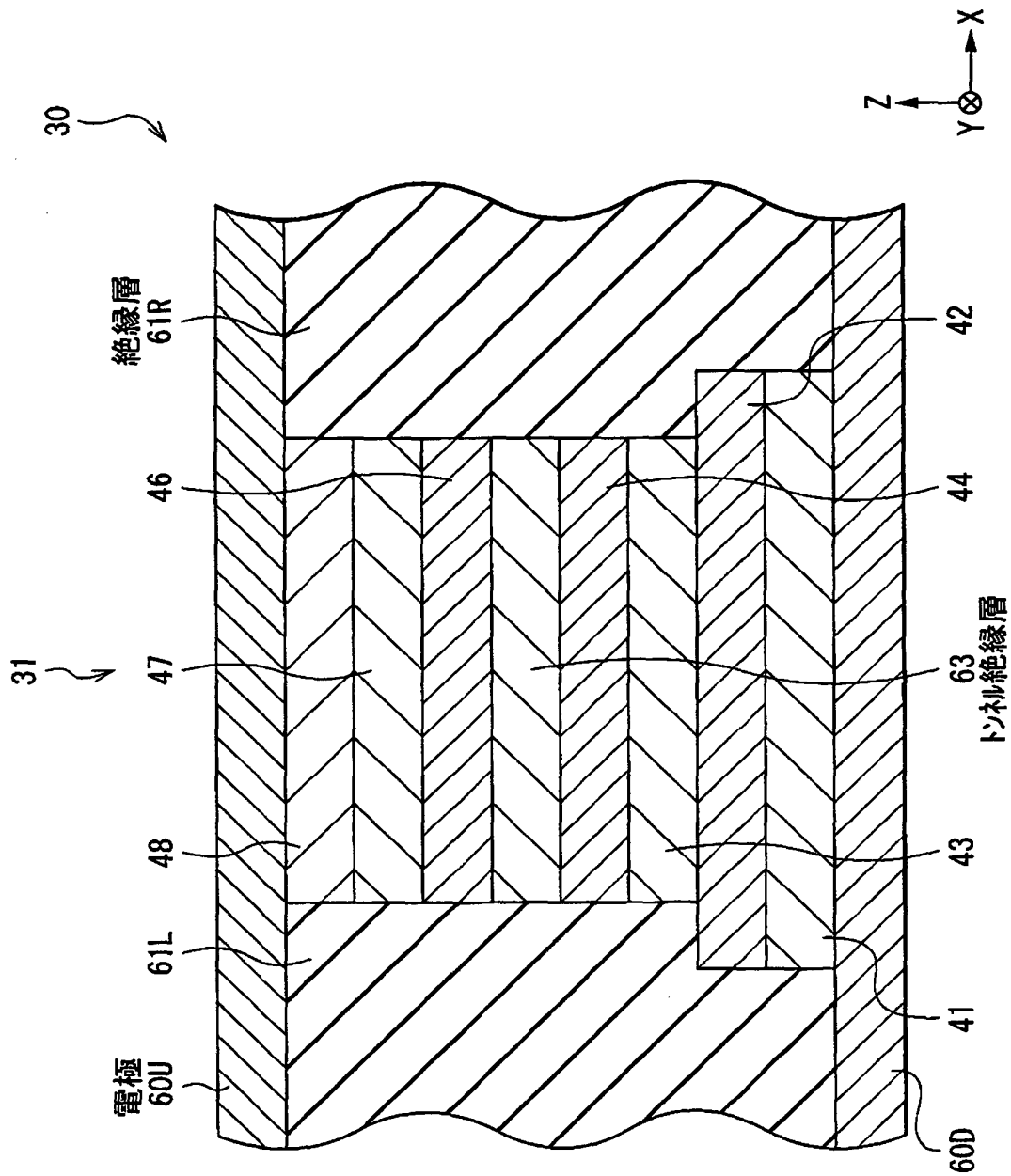
【図 13】



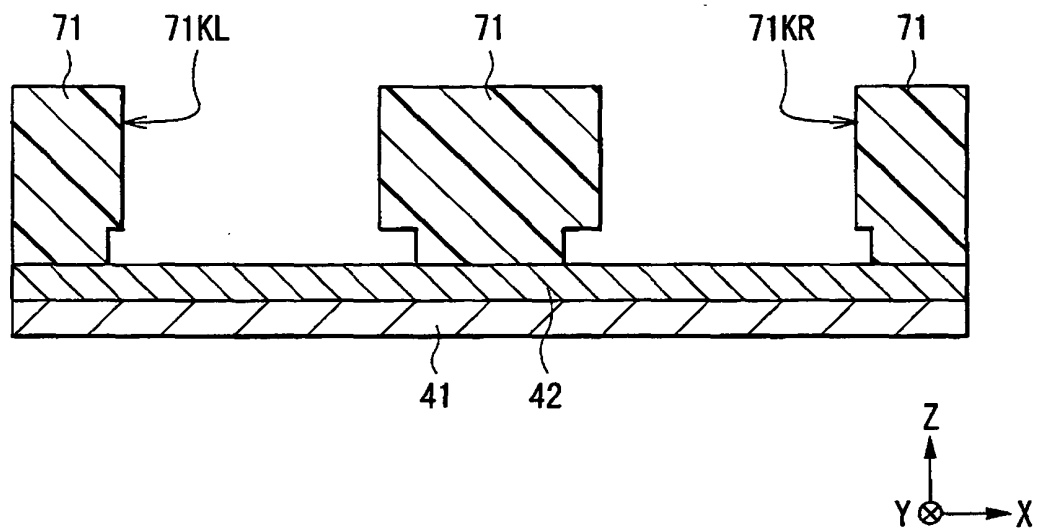
【図 1 4】



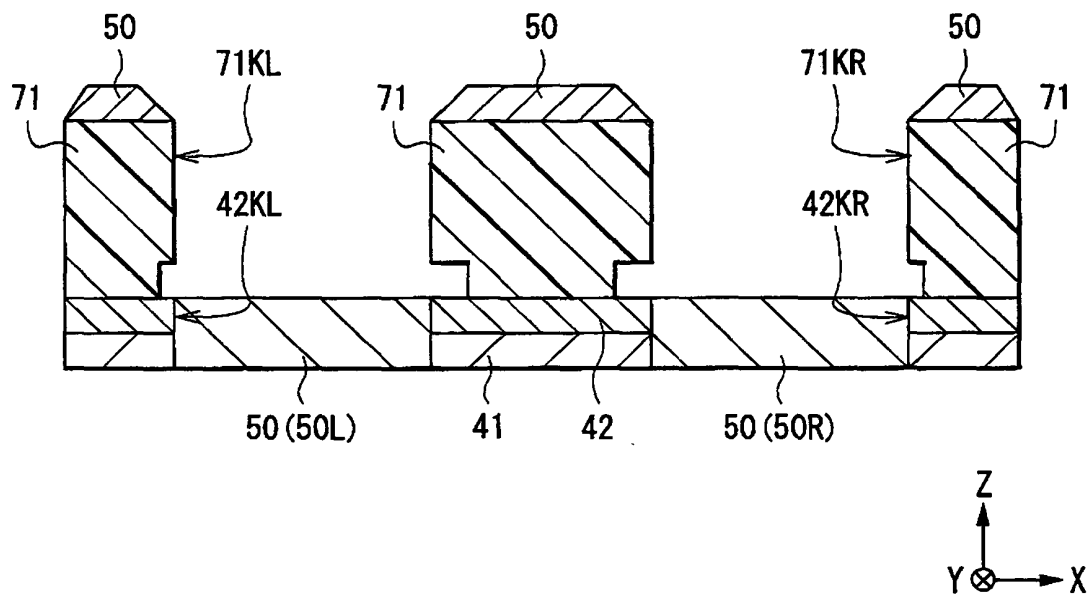
【図15】



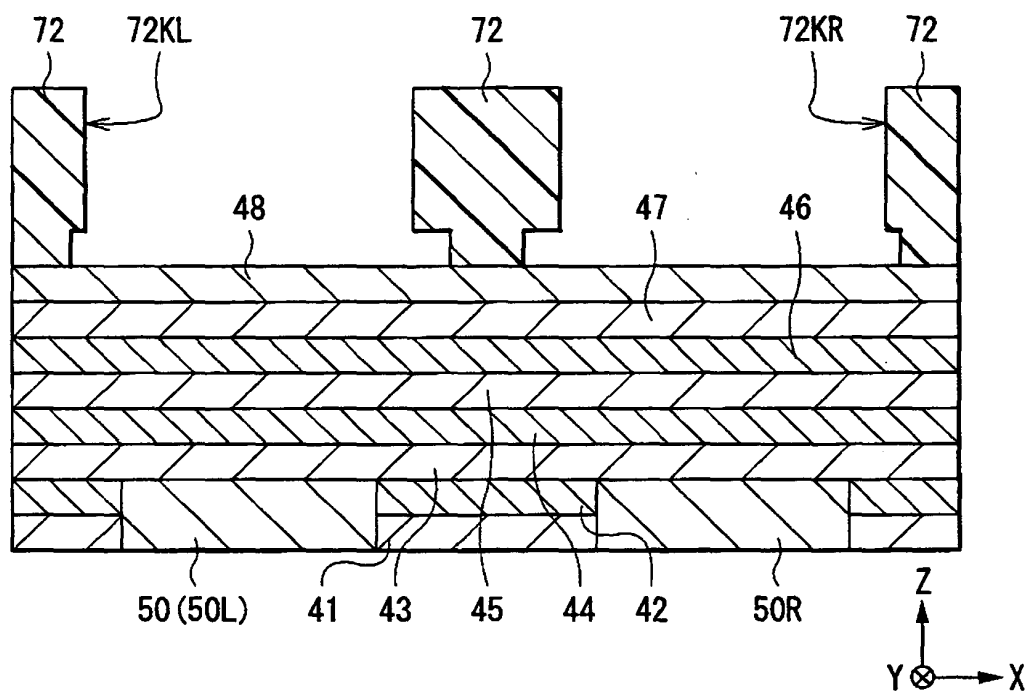
【図 1 6】



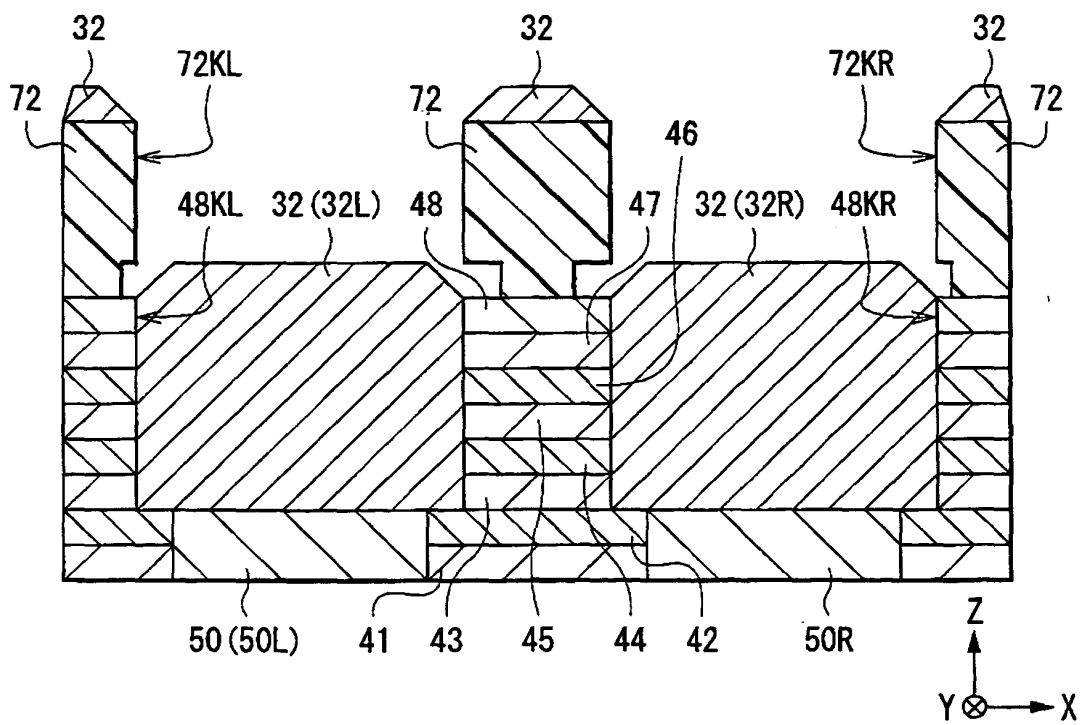
【図 1 7】



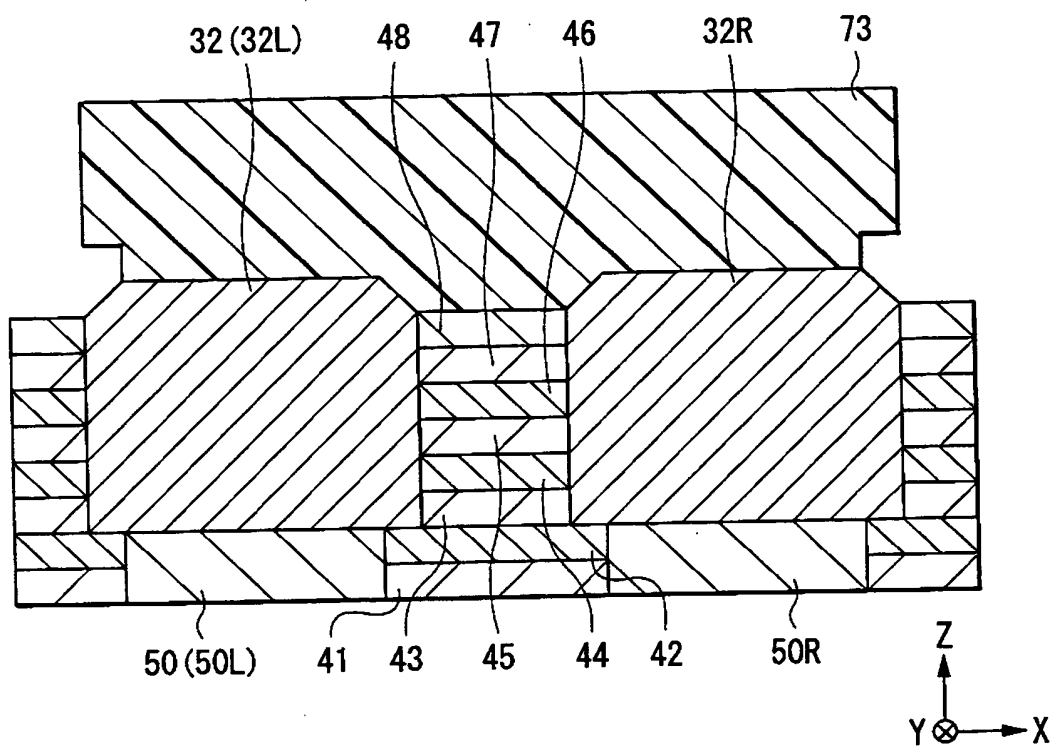
【図18】



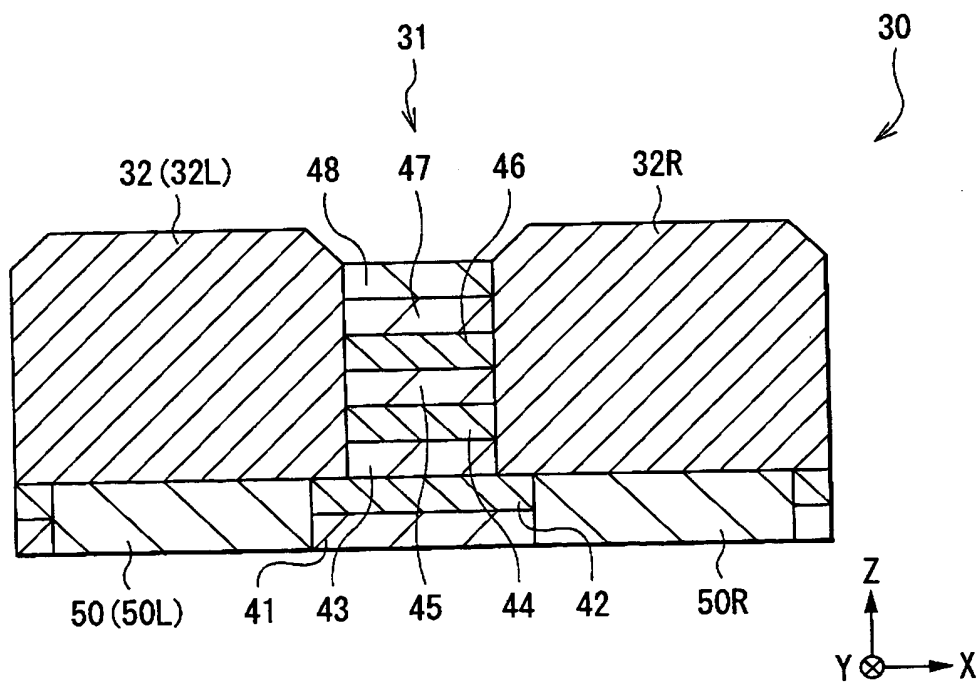
【図19】



【図 20】



【図 21】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 フリー層の磁区を制御し、MR素子を小型化した場合においても十分な再生出力を得ることが可能な磁気再生装置を提供する。

【解決手段】 非磁性交換結合層43を介して半硬磁性層42と第1の強磁性層（フリー層）44とが互いに交換結合された積層構造を含むように、MR素子30を構成する。硬磁性層を利用した隣接接合型構造とは異なり、半硬磁性層42から第1の強磁性層44に印加される磁気バイアスの分布が均一化され、第1の強磁性層44が単磁区化される。しかも、半硬磁性層42は軟磁性と硬磁性との中間の適度な保持力を有するため、第1の強磁性層44の磁化方向44Jが固定されない。第1の強磁性層44の磁化方向44Jが容易に回転可能となり、これにより磁気抵抗変化率が確保されるため、MR素子30を小型化した場合においても十分な再生出力が得られる。

【選択図】 図6

認定・付加情報

特許出願の番号	特願2002-239456
受付番号	50201229549
書類名	特許願
担当官	塩野 実 2151
作成日	平成14年 9月 3日

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】	000003067
【住所又は居所】	東京都中央区日本橋1丁目13番1号
【氏名又は名称】	ティーディーケー株式会社

【代理人】

申請人

【識別番号】	100109656
【住所又は居所】	東京都新宿区新宿1丁目9番5号 大台ビル2階 翼国際特許事務所

【氏名又は名称】	三反崎 泰司
----------	--------

【代理人】

【識別番号】	100098785
【住所又は居所】	東京都新宿区新宿1丁目9番5号 大台ビル2階 翼国際特許事務所

【氏名又は名称】	藤島 洋一郎
----------	--------

次頁無

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000003067]

1. 変更年月日 1990年 8月30日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都中央区日本橋1丁目13番1号
氏 名 ティーディーケイ株式会社